

Adriana Resources Inc.

**Mustavaaran rikastushiekan ja sivukiven  
ympäristökelpoisuustestit**

Copyright © Pöyry Environment Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Environment Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Environment Oy

**Sisäinen tarkistussivu**

**Asiakas**  
**Otsikko**  
**Projekti**  
**Vaihe**

Adriana Resources Inc  
 Mustavaaran rikastushiekan ympäristökelpoisuustestit

**Työnumero**

9M707012.BOR01.SLU

**Luokitus**  
**Piirustus/arkistointi/sarjanro.**

**Tiedoston nimi**  
**Tiedoston sijainti**  
**Järjestelmä**

Rikastushiekan ympäristökelpoisuus.doc

Microsoft Word 2003

**Ulkoinen jakelu**  
**Sisäinen jakelu**

**Contribution**  
**Vastaava yksikkö**

**Revisio**  
**Alkuperäinen**

Dokumentin pvm  
 Laatija/asema/allekirj.

5.8.2009

Tarkistuspvm  
 Tarkistanut/asema/allekirj.

**A**

Dokumentin pvm  
 Laatija/asema/allekirj.

Tarkistuspvm  
 Tarkistanut/asema/allekirj.

**B**

Dokumentin pvm  
 Laatija/asema/allekirj.

Tarkistuspvm  
 Tarkistanut/asema/allekirj.

## Yhteystiedot

Urheilukatu 5-7  
FI-96100 Rovaniemi  
Finland  
Kotipaikka Helsinki, Finland  
Y-tunnus 0196118-8  
Puh. +358 10 33280  
[www.environment.poyry.fi](http://www.environment.poyry.fi)

Pöyry Environment Oy

## Sisältö

|          |                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>JOHDANTO</b>                                         | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>YLEISTÄ</b>                                          | <b>3</b>  |
| 2.1      | Lainsäädäntö                                            | 3         |
| 2.2      | Mineralogia ja kemiallinen koostumus                    | 4         |
| 2.3      | Liukoisuustutkimukset                                   | 5         |
| <b>3</b> | <b>MUSTAVAARAN MALMITYYPIT</b>                          | <b>6</b>  |
| 3.1      | Malmityyppien mineralogia ja kemiallinen koostumus      | 6         |
| 3.2      | Sivukivet                                               | 7         |
| <b>4</b> | <b>KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT</b>                      | <b>8</b>  |
| 4.1      | Näytteenotto                                            | 8         |
| 4.2      | Analyysit                                               | 9         |
| <b>5</b> | <b>TUTKIMUSTULOKSET</b>                                 | <b>10</b> |
| 5.1      | Rikastushiekan mineralogia ja kemiallinen koostumus     | 10        |
| 5.2      | Neutraloimis- ja haponmuodostuspotentiaali              | 11        |
| 5.3      | Kokonaispitoisuudet                                     | 11        |
| 5.4      | Haitta-aineiden liukoisuus                              | 14        |
| 5.5      | Jäteluettelon mukainen koodi                            | 15        |
| 5.6      | Vertailu ympäristön pohja- ja pintavesien pitoisuuksiin | 15        |
| <b>6</b> | <b>SIVUKIVI</b>                                         | <b>18</b> |
| 6.1      | Mineralogia ja haponmuodostuspotentiaali                | 18        |
| 6.2      | Vanhan sivukivialueen pohjavesi                         | 18        |
| 6.3      | Jäteluettelon mukainen koodi                            | 20        |
| <b>7</b> | <b>YMPÄRISTÖKELPOISUUSARVIO</b>                         | <b>20</b> |

## Sanasto

### Liitteet

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| <b>Liite 1</b> | Näytepistetiedot                  |
| <b>Liite 2</b> | Alkuperäiset laboratorioanalyysit |

## 1

**JOHDANTO**

Adriana Resources Inc. suunnittelee Taivalkosken kunnassa sijaitsevan Mustavaaran vanadiinikaivoksen avaamista uudelleen. Rautaruukki Oy harjoitti aikaisemmin alueella kaivostoimintaa, mutta tuotanto lopetettiin ja kaivos suljettiin 1980-luvun puolessavälissä vanadiinin maailmanmarkkinahinnan laskun myötä. Aiemman toiminnan seurauksena kaivosalueelle, Mustavaaran kaakkoispuolelle, on varastoitu n. 11,5 milj. tonnia rikastushiekkaa. Lisäksi alueelle on läjitetty n. 4 milj. tonnia louhinnan seurauksena syntynyttä sivukiveä. Sivukivi on pääasiassa läjitettynä Mustavaaran pohjoispuoliselle alueelle sekä malmin kattopuolelle, avolouhoksen luoteispuolella. Vanadiinin rikastuksen sivutuotteena syntyneet rautapelletit varastoitiin aikanaan rikastamon läheisyyteen varastokentälle. Varastointi tehtiin ajan tapaan paljaalle maalle, mistä johtuen pellettien sisältämä jäännösvanadiini on osin liuennut ja aiheuttanut läheisen Sirniönlammen alueella vanadiinipitoisuuksien huomattavaa kohoamista pohjasedimentissä ja lammen vedessä. Vuosien saatossa pelletit on kuljetettu Raahen terästehtaalte masuunin raaka-aineeksi.

Vanadiinikaivoksen uudelleenkäynnistämiseen tähtäävät toimet on käynnistetty muutamia vuosia sitten. Parhaillaan on meneillään toiminnan ympäristövaikutusten arviointimenettely, YVA. Viimeistään lupahakemusvaiheessa tulee myös esittää toiminnasta syntyvien sivutuotteiden tai jätejakeiden ympäristökelpoisuusarvio. Tässä raportissa esitetään arvio kaivostoiminnasta syntyvän sivukiven sekä rikastuksesta syntyvän rikastushiekan ympäristökelpoisuudesta.

Edellä kuvatut rautapelletit eivät sisälly tähän raporttiin. Syynä tähän on se, että vanadiinin jatkojalostusprosessia ollaan parhaillaan kehittämässä. Prosessin kehityksestä riippuen on mahdollista, ettei rautapellettejä synny lainkaan. Mikäli pitäydytään vanhassa prosessissa, jolloin pellettejä vastaavasti syntyisi, tultaisiin niiden varastointi järjestämään nykyisen lainsäädännön mukaisesti mm. riittävien pohjarakenteiden avulla. Hankkeen kehitystyössä on keskeistä se, että vanadiinia sisältävän magnetiittirikasteen tai siitä jalostettujen pellettien sisältämä rauta saataisiin myyntikelpoiseen muotoon. Tämä voi edellyttää myös pellettien tuotantoprosessin muuttamista siten, että pelletit soveltuisivat sellaisenaan masuunin raaka-aineeksi. Mikäli pitäydytään prosessissa, jossa pellettejä syntyy, tavoitteena on, että niistä saadaan myyntikelpoinen sivutuote. Pelletit varastoitaisiin Mustavaarassa vain lyhytaikaisesti asianmukaisella varastoalueella. Siten pellettejä ei varastoitaisi alueella lainkaan tai ainakaan pysyvästi.

Metallurgisia kokeita varten rikastettiin Mustavaaran malmia GTK:n koerikastamalla Outokummussa tammikuussa 2007. Näissä kokeissa syntynyttä rikastushiekkaa on käytetty ympäristökelpoisuuden selvittämiseen. Rikastushiekan pitkäaikaista käyttäytymistä arvioitaessa on lisäksi hyödynnetty vanhan rikastushiekan ja rikastushiekka-alueen tutkimustuloksia. Vanhalta rikastushiekan läjitysalueelta saadut tutkimustulokset lisäävät merkittävästi arvion luotettavuutta. Tutkimustulokset kuvaavat suuren rikastushiekkamassan pitkäaikaiskäyttäytymistä huomattavasti luotettavammin kuin pienen mittakaavan laboratorioskokeet.

## YLEISTÄ

Rikastushiekan ympäristökelpoisuustutkimuksiin kuuluvat mineralogisten ja kemiallisten ominaisuuksien selvittäminen sekä muut mahdollisten haitta-aineiden liukenemiseen ja haponmuodostuspotentiaaliin liittyvät tutkimukset. Kaivostoiminnan BAT-vertailuasiakirja (EC, 2004) suosittelee rikastushiekkojen perusmäärittelytutkimusten tekemistä jo ennen kaivostoiminnan aloittamista. Tällä perusmäärittelyllä pyritään arvioimaan materiaalin lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin käyttäytymistä, jota voidaan käyttää rikastushiekan sijoittamisen, hyödyntämisen ja sulkemissuunnittelun pohjana. Eräs ympäristötutkimusten keskeisiä tavoitteita on sulfidimineraalien hapettumispotentiaalin selvittäminen, jotta voidaan arvioida happamien valumavesien muodostus.

### 2.1 Lainsäädäntö

Kaivannaisteollisuuden jätteiden ympäristökelpoisuutta koskeva lainsäädäntö ei ole toistaiseksi vakiintunutta. Kaivannaisjätteille säädetty direktiivi (2006/21/EY), ns. kaivannaisjätedirektiivi, tuli saattaa täytäntöön kansallisesti 1.5.2008 mennessä. Täytäntöönpanon edellyttämät lakitasoiset muutokset on toteutettu lailla ympäristönsuojelulain muuttamisesta, lailla maa-aineslain muuttamisesta sekä pelastuslain muutoksella. Ympäristönsuojelulain muutos lailla 346/2008 on tullut voimaan 1.6.2008. Ympäristönsuojelulakiin lisätyssä 45 a §:ssä määritellään kaivannaisjäte, kaivannaisjätteen jätealue ja suuronnettomuusvaaraa aiheuttava kaivannaisjätteen jätealue.

Kaivannaisjäte on kaivostoiminnassa tai siihen rinnastettavassa toiminnassa, rikastamossa, kivenlouhimossa, muussa kivenlouhinnassa, kivenmurskauksessa tai turvetuotannossa tapahtuvassa kallio- tai maaperässä luonnollisesti esiintyvän orgaanisen tai epäorgaanisen aineksen irrotuksessa taikka sen varastoinnissa, rikastamisessa tai muussa jalostamisessa syntyvää jätettä. Kaivannaisjätteen jätealue on kaivannaisjätteen sijoittamiseen käytettävä alue. Kaivannaisjätteen jätealueeksi ei kuitenkaan kaivannaisjäteasetuksen mukaan luokitella aluetta, joka ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava ja johon sijoitetaan alle kolmeksi vuodeksi pilaantumaton maa-ainesta tai pysyvää jätettä, joka ei ole ongelmajätettä, taikka alle vuodeksi muuta kuin edellä mainittua kaivannaisjätettä, joka ei ole ongelmajätettä. Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavalla kaivannaisjätteen jätealueella tarkoitetaan jätealuetta, josta voi virheellisen toiminnan tai sen rakenteellisen vakauden tai siihen sijoitetun ongelmajätteen tai ympäristölle tai terveydelle vaarallisen kemikaalin vuoksi aiheutua merkittävää vaaraa ihmisten terveydelle, omaisuudelle tai ympäristölle.

Kaivannaisjäteasetus (Vna 379/2008) astui voimaan 13.6.2008. Asetuksella säädetään kaivannaisjätedirektiivin täytäntöönpanon edellyttämistä yksityiskohtaisemmista säännöksistä. Asetuksen mukaisesti kaivannaisjätteiden varastointiin liittyen tulee laatia jätehuoltosuunnitelma, jossa esitetään mm. jätteen laatu ja määrä sekä varastoinnista aiheutuvat ympäristövaikutukset. Kaivannaisjäteasetuksessa ei kuitenkaan ole annettu yksityiskohtaisia ohjeita jätejakeiden ympäristökelpoisuuden määrittelyyn. Komissio antaa myöhemmin kaivannaisjätedirektiivin 20 artiklan perusteella tarkentavat säännökset mm. direktiivin 3 artiklan 3 kohdassa olevan pysyvän jätteen määritelmän tulkinnasta sekä perusteet suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavan kaivannaisjätteen jätealueen määritelmän soveltamiseksi (direktiivin liite III).

Tähän liittyen CEN:ssä on meneillään kaivannaisteollisuuden jätejakeiden karakterisoinnin standardointi (CEN/TC 292/W8 työryhmä). Standardointi on jäljessä alkuperäisestä aikataulusta, eikä standardoituja menetelmiä ole toistaiseksi virallisesti käytettävissä.

Valtioneuvoston asetusta 202/2006 sovelletaan yleisesti jätejakeiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Asetuksen soveltamisalan mukaisesti sitä ei sovelleta kaivannaisjätteisiin mutta käytännössä asetuksen menetelmiä (SFS-EN 12457-3 ja CEN TS 14405) ja eri kaatopaikkaluokille asetettuja liukoisuuden raja-arvoja on toistaiseksi sovellettu myös kaivannaisjätteille. Periaatteessa nämä testimenetelmät soveltuvat vain ei-sulfidisille jätteille, joilla haitta-aineiden liukoisuus ei määräydy sulfidien hapettumisreaktioiden perusteella. Jätejakeiden laadun perusteella määräytyvät kaatopaikkaluokat on esitetty Valtioneuvoston päätöksessä 861/1997 (muutoksineen). Uusille kaivannaisteollisuuden jätealueille luokittelu kuitenkin tehdään em. kaivannaisjäteasetuksen perusteella joko A- tai B-luokkaan. Ensin mainittuun luokkaan luokitellaan jätealue, jonka pettämisestä tai viallisesta toiminnasta aiheutuisi merkittävä onnettomuusriski. B-luokkaan kuuluvat kaikki muut jätealueet. Luokittelun perusteet täsmentyvät edelläkuvatus mukaisesti tulevaisuudessa.

Tämä ympäristökelpoisuusarvio pohjautuu soveltuvin osin edellä mainittuihin kaivannaisjäte- ja kaatopaikkakelpoisuusasetuksiin sekä kaivostoiminnan BAT-asiakirjassa kuvattuihin tutkimusmenetelmiin. Arviossa on myös huomioitu kaatopaikkakelpoisuusasetuksen soveltamisopas (Wahlström ym. 2006). Meneillään oleva kaivannaisjätteiden CEN-standardointityö on huomioitu siltä osin kuin mahdollista.

## 2.2 Mineralogia ja kemiallinen koostumus

Rikastushiekan mineralogisen ja kemiallisen koostumuksen tunteminen on tärkeää pitkäaikaikäistymisen arvioinnissa. Arviointi muodostaa peruslähtökohdan rikastushiekan sijoittamisen ja sulkemistoimenpiteiden suunnittelulle. Nykytilaselvityksissä mineralogisilla ja kemiallisilla tutkimuksilla selvitetään toiminnan aikaista rikastushiekan rapautumista mm. peittämistarvetta arvioitaessa. Rikastushiekan mineraloginen ja kemiallinen koostumus säätelee myös niiden hyödyntämismahdollisuuksia mm. ympäristökelpoisuuden ja geoteknisten ominaisuuksien kautta.

Rikastushiekan ja sivukiven kokonaismineralogia määritetään tavallisesti joko ohuthieistä valomikroskoopilla tai röntgendiffraktioanalyysillä (XRD-analyysi). Mineraloginen määrittäminen käsittää materiaalin sisältämien mineraalien tunnistamisen sekä niiden rapautuneisuuden ja suhteellisten osuuksien selvittämisen. Suhteelliset osuudet määritetään yleensä ohuthieistä pistelaskumenetelmällä (point counting) tai XRD-analyysistä mineraaliprosenttien suhteista. Suhteelliset osuudet on nykyisin mahdollista määrittää myös ns. kuva-analyysin perusteella joko valo- tai elektronimikroskopiolla. Elektromikroskopia ja mikroanalytiikka mahdollistavat mm. yksittäisten mineraalien hivenainekoostumuksen tai hienorakeisten sulfidimineraalien rapautumisen tutkimisen.

Sulfidien hapettumisen seurauksena muodostuvien rauta-, mangaani- ja alumiinisaostumien mineralogian voidaan tutkia esim. XRD-analyysillä tai infrapunatekniikalla (IR).

Rikastushiekan ja sivukiven kemiallinen kokonaiskoostumus määritetään joko röntgenfluoresenssimenetelmällä (XRF) tai kokonaisliuotuksesta (perkloorifluorivetyhappouutto tai kuuma kuningasvesiuutto) ICP-AES/MS -tekniikalla. Rikin kokonaispitoisuudet määritetään yleensä rikkianalysaattorilla (esim. Leco).

## 2.3 Liukoisuustutkimukset

Haitta-aineiden liukenemista sivukivestä tai rikastushiekasta tutkitaan erilaisilla osittaisuutoilla tai liukoisuuskokeilla. Osittaisuuttojen tavoitteena on määrittää eri tavoilla mineraalien kidehiloihin ja niiden pinnoille sitoutuneiden haitta-aineiden pitoisuudet, ja sitä kautta arvioida haitta-aineiden liukenemista muuttuvissa ympäristöoloissa.

Sulfideja sisältäville sivukiville ja rikastushiekoille suositellaan tehtäväksi hapontuotto- ja neutraloimiskyvymääritykset. Hapontuottokyky lasketaan yleensä rikin kokonaispitoisuudesta tai sulfidisen rikin määrästä. Neutraloimiskyky voidaan määrittää joko laskennallisesti materiaalin mineralogisen koostumuksen perusteella tai laboratoriomäärityksillä. Laskennallisissa menetelmissä neutraloimiskyvyn laskenta on perustettu karbonaattisen hiilen määrään, karbonaattimineraalien määrään tai neutraloivien mineraalien kokonaismäärään.

Liukoisuuskokeiden tavoitteena on muodostaa tietyn testiajan puitteissa arvio materiaalista liukenevien aineiden määrästä ja mahdollisesti liukenemisen aikariippuvuudesta. Etenkin standardoiduille laboratoriomittakaavan liukoisuuskokeille, joita usein käytetään materiaalien sijoituskelpoisuuden arvioinnissa, on tärkeää testien suoritettavuus suhteellisen lyhyessä ajassa. Luonnon olosuhteista laboratoriossa suoritettavat liukoisuuskokeet eroavat usein mm. materiaalin murskaamisen, lämpötilan ja nopeamman veden virtauksen vuoksi, jolloin liukoisuuskokeissa havaitut aineiden liuenneet pitoisuudet ja määrät saattavat poiketa huomattavastikin sijoituspaikalla tehdyistä havainnoista. Rikastushiekkojen ja sivukivien ympäristöominaisuuksien tutkimiseen on olemassa useita eri menetelmiä.

Kolonne- ja ravistelutestejä on pitkään käytetty jätteiden ja sivutuotteiden liukoisuusominaisuuksien tutkimisessa. Liukoisuustestejä suositellaan yleisesti käytettäväksi haitta-aineiden liukenemisen tutkimiseen myös ei-sulfidisista tai alhaisen sulfidipitoisuuden omaavista rikastushiekoista ja sivukivistä.

Ns. kineettiset testit, jotka soveltuvat mm. sulfidipitoisten jättemateriaalien pitkän aikavälin liukoisuustutkimuksiin ovat vasta kehitteillä. Tässä tutkimuksessa Mustavaaran vanhaa rikastushiekka-aluetta on hyödynnetty pitkän aikavälin suuren mittakaavan koerakenteena, josta saadut tutkimustulokset hyvin pitkälle vastaavat kineettisistä testeistä saatavaa informaatiota.

### 3 MUSTAVAARAN MALMITYYPIT

Mustavaaran vanadiinimalmiesiintymä sijaitsee Porttivaaran mafisessa kerrosintruusiassa kerrossarjan yläosassa. Malmi esiintyy gabroidisessa kivessä vanadiinipitoisena magnetiittipiroitteena. Tämä magnetiittigabro muodostaa yhtenäisen, noin 300 metriä paksun kerroksen. Kerroksen ylä- ja alapuolella on anortosiittigabroa. Siirrokset ovat katkaisseet magnetiittigabro -kerroksen kahteen osaan: itäiseen (13 km pitkä) ja läntiseen (6 km pitkä). Kerroksen kaade on suurin piirtein 30–40° pohjoiseen.

Magnetiittigabro voidaan jakaa neljään erilliseen yksikköön. Näistä kolme alinta muodostavat Mustavaaran malmiesiintymän.

- 1) Malmin alaosa
  - noin 5 metriä paksu
  - magnetiittipitoisuus 25–35 %
  - $V_2O_5$  -pitoisuus 0.68 %
- 2) Malmin keskiosa
  - 15–50 metriä paksu
  - magnetiittipitoisuus 15 %
  - $V_2O_5$  -pitoisuus 0.39 %
- 3) Malmin yläosa
  - 10–40 metriä paksu
  - magnetiittipitoisuus vaihtelee suuresti
  - $V_2O_5$  -pitoisuus 0,46 %
- 4) Pirotteinen malmi (kattopuolella)
  - gabro, jossa on heikko magnetiittipirote
  - pirote heikkenee ylöspäin

#### 3.1 Malmityyppien mineralogia ja kemiallinen koostumus

Magnetiittigabron päämineraalit ovat plagioklaasi, augiitti ja magnetiitti. Plagioklaasi esiintyy omamuotoisina pitkänomaisina liistakkeina, augiitti ja magnetiitti täyttävät plagioklaasiliistakkeiden välisen tilan. Magnetiitti on siis kiteytynyt viimeisenä, eikä esiinny kumulusfaasissa. Magnetiitissa on ilmeniittilamelleja; täsmällisempi nimi mineraalille on ilmenomagnetiitti. Vanadiini esiintyy ilmenomagnetiitin magnetiittiosassa.

Suurin osa augiitista on muuttunut sekundääriseksi uraliitiksi. Magnetiittigabron muita sekundäärisiä mineraaleja ovat epidootti, kloriitti, biotiitti, titaniitti, leukokseeni ja karbonaatti. Aksessorisina mineraaleina esiintyvät kvartsi, apatiitti ja sulfidit. Sulfidit ovat pääasiassa kuparikiisua ja rikkikiisua, mutta myös mm. kovelliinia, markasiittia, sinkkivälkettä, milleriittia, pentlandiittia ja kuparihohdetta on tavattu mikroskooppisissa tutkimuksissa.

Eri malmiyksiköiden keskimääräinen kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 1. Piin, alumiinin, magnesiumin, kalsiumin ja natriumin määrä riippuu silikaattien määrästä ja eri silikaattimineraalien runsaussuhteista. Rauta-, titaani- ja vanadiinipitoisuudet korreloivat magnetiitin määrän kanssa.

Kromi- ja nikkelipitoisuus on yhteydessä malmin stratigrafiseen asemaan; suurimmat pitoisuudet näiden alkuaineiden osalta ovat alimmassa malmiyksikössä. Nikkelistä suurin osa on sitoutunut silikaattimineraaleihin (augiitti), mutta alimmassa malmiyksikössä on havaittu myös

pieniä määriä sulfidista nikkeliä. Myös sinkin pitoisuus on korkein alimassa malmyksikössä. Tästä yksiköstä on havaittu myös pieniä määriä sinkkivälikettä.

**Taulukko 1. Eri malmyksiköiden keskimääräinen kemiallinen koostumus (Juopperi, 1977)**

|                                | Yksikkö | Pirotteinen malmi | Malmin yläosa | Malmin keskiosa | Malmin alaosa | Malmin keskiarvo |
|--------------------------------|---------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | %       | 44.76             | 38.99         | 42.72           | 34.99         | 38.90            |
| TiO <sub>2</sub>               | %       | 2.06              | 2.11          | 2.00            | 2.79          | 2.30             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %       | 14.69             | 12.49         | 12.27           | 10.44         | 11.73            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %       | 8.73              | 16.49         | 11.63           | 19.81         | 15.98            |
| FeO                            | %       | 9.56              | 12.85         | 11.08           | 15.61         | 13.18            |
| MnO                            | %       | 0.21              | 0.17          | 0.17            | 0.21          | 0.18             |
| MgO                            | %       | 5.90              | 4.28          | 5.18            | 3.17          | 4.21             |
| CaO                            | %       | 10.88             | 8.61          | 9.21            | 7.31          | 8.38             |
| Na <sub>2</sub> O              | %       | 2.53              | 2.47          | 2.48            | 2.32          | 2.42             |
| K <sub>2</sub> O               | %       | 0.30              | 0.34          | 0.35            | 0.89          | 0.53             |
| V                              | ppm     | 1500              | 2600          | 2200            | 3800          | 2867             |
| Cr                             | ppm     | 20                | 20            | 30              | 130           | 60               |
| Co                             | ppm     | 80                | 130           | 100             | 130           | 120              |
| Ni                             | ppm     | 90                | 110           | 140             | 290           | 180              |
| Cu                             | ppm     | 320               | 780           | 760             | 610           | 717              |
| Zn                             | ppm     | 100               | 150           | 120             | 170           | 147              |

### 3.2 Sivukivet

Mustavaaran malmin jalka- ja kattopuolella puolella on anortosiittia, anortosiittigabroa ja pirotekiveä. Alimman malmivyöhykkeen kontakti sivukiveen on selvä. Kattopuolen kontakti on vaihtuva; anortosiittisulkeumien määrä magnetiittigabrossa kasvaa kattopuolen kontaktia lähestyttäessä. Pirotteinen malmi edustaa vaihtumisvyöhykettä malmin ja kattopuolen anortosiitin välillä. Kattopuolen pirotekivi ei sisälly louhittavaan malmiin, joten se läjitetään sivukiven varastoalueelle.

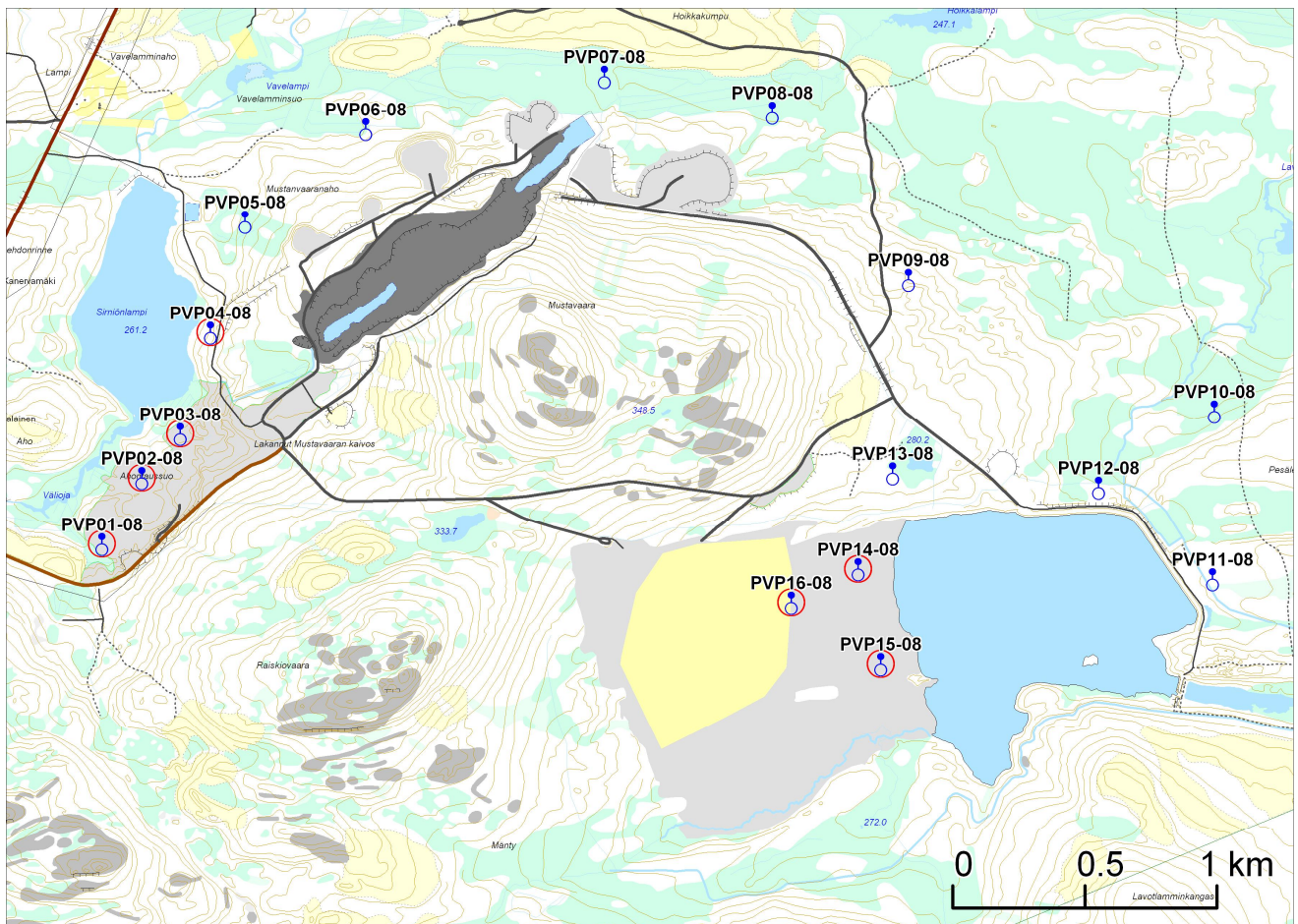
Anortosiitti koostuu pääosin plagioklaasista (>90 %) ja augiitista. Plagioklaasi on muuttunut sekundääriseksi epidootiksi ja augiitti uraliitiksi ja kloriitiksi.

## 4 KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Näytteenotto

Tilaaaja toimitti näytteen malmille tehdyn koerikastuksen rikastushiekasta helmikuussa 2009. Näytteen koko oli noin 25 kg. Erikseen toimitettiin 1 litran suodosvesinäyte rikastuskokeista.

Mustavaaran vanhalle rikastushiekka-alueelle kairattiin syksyn 2008 aikana 3 kpl tutkimuspisteitä (PVP14...16), joista otettiin jatkuva näytesarja rikastushiekasta ja alapuolisesta maaperästä. Pistetiedot on esitetty liitteessä 1. Samassa yhteydessä otettiin pohjavesinäytteet alueelle asennetuista pohjavesiputkista; lähemmin tarkastellaan rikastushiekka-altaan läheisyyteen (PVP11...13, PVP15) ja sivukivikasan pohjoispuolelle (PVP8) asennetuista pohjavesiputkista otettuja näytteitä. Rikastushiekka-altaan vedestä (syvyydeltä 1 ja 5 m) otettiin näyte syyskuussa 2008 ja maaliskuussa 2009. Sivukiven läjitysalueelta kerättiin kokoomanäyte sivukivistä haponmuodostuspotentiaalin määrittystä varten. Hankkeen ympäristöselvitysten yhteydessä on otettu maa- ja pohjavesinäytteitä myös muualta kaivosalueelta Pöyry Environment Oy:n toimesta. Näiden tutkimusten tuloksia voidaan hyödyntää myös rikastushiekkan ympäristökelpoisuuden arvioinnissa. Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4-1. Kaivosalueelta otettujen maaperä- ja rikastushiekkanäytteiden sijainti (punaisella ympäröidyt pohjavesiputket).

## 4.2 Analyysit

Rikastushiekasta määritettiin haitta-aineiden kokonaispitoisuudet ja liukoisuusominaisuudet, sekä haponmuodostuspotentiaali. Rikastushiekan kokonaispitoisuudet määritettiin kuningasvesiuutolla ja liuokset analysoitiin ICP-OES – menetelmällä (Suomen Ympäristöpalvelu Oy). Analysoidut alkuaineet on esitetty taulukossa 2. Lisäksi rikastushiekasta analysoitiin kosteuspitoisuus, hehkutushäviö ja TOC.

Ravistelutestit tehtiin standardin SFS-EN 12457-3 mukaisesti ja läpivirtaus- eli kolonnitesti standardin CEN TS 14405 mukaisesti. Testit tehtiin Suomen Ympäristöpalvelu Oy:n laboratoriossa. Alkuperäiset analyysitulokset (Suomen Ympäristöpalvelu Oy) ovat liitteenä 2. Molemmista testeissä L/S2 ja L/S10 liuokset analysoitiin. Liuoksista määritettiin taulukon 2 alkuaineiden lisäksi fluoridi, kloridi, sulfaatti, DOC, pH ja sähkönjohtokyky.

Rikastushiekan sekä sivukiven läjitysalueelta otetun kokoomanäytteen neutraloimis- ja haponmuodostuspotentiaalit määritettiin Labtium Oy:n laboratoriossa. Alkuperäiset analyysitulokset ovat liitteenä 2. Neutraloimis- ja haponmuodostuspotentiaalinn määrittästä varten näytteistä analysoitiin kokonaisrikki ja – hiilipitoisuus sekä karbonaattihiilen osuus siitä. Neutraloimispotentiaali NP on määritetty Lawrence & Wang –menetelmällä. Haponmuodostuspotentiaali AP on laskettu tuloksista kaavalla:

$$AP \text{ (kg(CaCO}_3\text{)/t)} = S\% \times 31.25$$

Maaperätutkimusten yhteydessä otetut näytteet analysoitiin Suomen Ympäristöpalvelun laboratoriossa. Näytteistä 2 kpl oli pellettimursketta, 4 kpl rikastushiekkaa, 4 kpl moreenia ja 1 kpl turvetta. Näytteistä määritettiin 26 alkuainetta (samat kuin taulukossa 2, lukuun ottamatta elohopea) pitoisuudet ICP-OES – menetelmällä. Lisäksi yhdestä rikastushiekka-näytteestä määritettiin liukoinen tyyppi ja tehtiin viljavuustutkimus. Alkuperäiset analyysitulokset (Suomen Ympäristöpalvelu Oy) ovat liitteenä 2.

Pohjavesi- ja pintavesinäytteet analysoitiin NabLabs Oy:n laboratoriossa. Näytteistä analysoitiin mm. happi, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, pH, COD<sub>Mn</sub> ja SO<sub>4</sub>. Pintavesinäytteistä ja osasta pohjavesinäytteistä määritettiin näiden lisäksi kokonaistyyppi, nitraatti/nitriittityppi ja ammoniumtyppi. Pintavesinäytteistä analysoitiin 27 alkuainetta ja pohjavesinäytteistä 33 alkuainetta (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Se, Si, Sr, Th, Tl, U, V, Zn) ICP-MS/AES – tekniikalla alihankintana Labtium Oy:n laboratoriossa. Muiden kuin rikastushiekka-alueen näytteiden analyysitulokset on raportoitu varsinaisessa YVA-selostuksessa.

**Taulukko 2. Rikastushiekasta analysoidut alkuaineet**

|           |           |           |            |           |           |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| <b>Al</b> | Alumiini  | <b>Mn</b> | Mangaani   | <b>Pb</b> | Lyijy     |
| <b>As</b> | Arseeni   | <b>Mo</b> | Molybdeeni | <b>S</b>  | Rikki     |
| <b>B</b>  | Boori     | <b>Na</b> | Natrium    | <b>Sb</b> | Antimoni  |
| <b>Ba</b> | Barium    | <b>Ni</b> | Nikkeli    | <b>Se</b> | Seleeni   |
| <b>Be</b> | Beryllium | <b>P</b>  | Fosfori    | <b>Sn</b> | Tina      |
| <b>Ca</b> | Kalsium   | <b>Cu</b> | Kupari     | <b>Ti</b> | Titaani   |
| <b>Cd</b> | Kadmium   | <b>Fe</b> | Rauta      | <b>V</b>  | Vanadiini |
| <b>Co</b> | Koboltti  | <b>K</b>  | Kalium     | <b>Zn</b> | Sinkki    |
| <b>Cr</b> | Kromi     | <b>Mg</b> | Magnesium  | <b>Hg</b> | Elohopea  |

## 5 TUTKIMUSTULOKSET

### 5.1 Rikastushiekan mineralogia ja kemiallinen koostumus

Mustavaaran malmin rikastushiekan mineraalien suhteelliset osuudet määritettiin pistelaskumenetelmällä GTK:n toimesta. Rikastushiekan mineralogia on esitetty taulukossa 3.

Rikastushiekka koostuu pääosin plagioklaasista, aktinoliitista, sarvivälkkeestä ja epidootista; vähemmässä määrin kloriitista, kvartsista, augiitista, ilmeniitistä ja biotiitista. Muiden taulukossa 3 mainittujen mineraalien määrä jää alle 1 %:n. Sulfidimineraaleja (rikkikiisu ja kuparikiisu) on havaittu yhteensä 0.29 %.

Mineraalien suhteellisista osuuksista päätellen on oletettavaa, että rikastushiekan neutraloimispotentiaali on ainakin kohtalainen, koska kalsiumpitoisia silikaatteja ja kiilteitä esiintyy runsaasti. Sulfidien määrä on vähäinen, mikä vähentää haponmuodostuksen riskiä.

**Taulukko 3. Rikastushiekan mineralogia**

| Mineraali       | Koostumus                                                                                                                       | %     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Plagioklaasi    | $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$                                              | 36.83 |
| Aktinoliitti    | $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$                                                              | 23.98 |
| Sarvivälke      | $(\text{Ca,Na})_{2-3}(\text{Mg,Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al, Mn})_5(\text{Si,Al})_2\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ | 14.85 |
| Epidootti       | $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}^{3+})\text{AlSi}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$                                                           | 11.34 |
| Kloriitti       | $(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$                                                                    | 3.70  |
| Kvartsi         | $\text{SiO}_2$                                                                                                                  | 2.09  |
| Augiitti        | $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})(\text{Si,Al})_2\text{O}_3$                                                                          | 2.01  |
| Ilmeniitti      | $\text{FeTiO}_3$                                                                                                                | 1.85  |
| Biotiitti       | $\text{K}(\text{Fe,Mg})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$                                                             | 1.01  |
| Titaniitti      | $\text{CaTiSiO}_5$                                                                                                              | 0.31  |
| Mikrokliini     | $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$                                                                                             | 0.26  |
| Oliviini        | $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$                                                                                                  | 0.26  |
| Magnetiitti     | $\text{Fe}_3\text{O}_4$                                                                                                         | 0.26  |
| Muskoviitti     | $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$                                                                | 0.24  |
| Kuparikiisu     | $\text{CuFeS}_2$                                                                                                                | 0.20  |
| Kalsiitti       | $\text{CaCO}_3$                                                                                                                 | 0.19  |
| Apatiitti       | $\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$                                                                                    | 0.15  |
| Talkki          | $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$                                                                              | 0.14  |
| Luokittelematon | -                                                                                                                               | 0.13  |
| Serpentiini     | $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$                                                                                 | 0.09  |
| Rikkikiisu      | $\text{FeS}_2$                                                                                                                  | 0.09  |
| Goethiitti      | $\text{Fe}^{+3}\text{O}(\text{OH})$                                                                                             | 0.05  |
| Rutiili         | $\text{TiO}_2$                                                                                                                  | 0.00  |

total 100.0

## 5.2 Neutraloimis- ja haponmuodostuspotentiaali

Rikastushiekan rikkipitoisuus on 0,12 %, mikä on verrattain alhainen pitoisuus. Alle 0,3 % sulfideja sisältäviä materiaaleja pidetään yleisesti happamien suotovesien muodostumisen kannalta vaarattomina. Kokonaisrikistä laskettu haponmuodostuspotentiaali on 3,75 kg CaCO<sub>3</sub>/t. Haponmuodostuksen kannalta oleellisen sulfidirikin määrää ei ole erikseen määritetty mutta se muodostaa kokonaisrikistä määrätyn osuuden. Sulfidirikin määrästä riippuen haponmuodostuspotentiaali voi olla arvioitua alhaisempikin tai enimmillään arvioidun suuruinen.

Hiilipitoisuus puolestaan on 0,23 %, josta karbonaattihiiltä on yli puolet eli 0,09 %. Karbonaattihiilen perusteella arvioitu teoreettinen neutraloimispotentiaali ( $C_{carb} \% \times 83,34$ ) on 11,7 kg CaCO<sub>3</sub>/t ja NP-testin mukainen neutraloimispotentiaali vastaavasti hieman alhaisempi, 9,50 kg CaCO<sub>3</sub>/t.

NP:AP- suhde on 2,5...3,1 riippuen siitä, käytetäänkö laskennassa karbonaattihiilestä tai NP-testistä saatua neutralointipotentiaalia. Pricen (1997) mukaan materiaalin haponmuodostuskyky on matala, mikäli suhdeluku on välillä 2-4. Happamia suotovesiä voisi muodostua vain, mikäli sulfidit ovat huomattavasti reaktiivisempia kuin neutraloivat mineraalit.

Rikastushiekassa esiintyy sulfideista lähinnä kupari- ja rikkikiisua, jotka ovat selvästi vähemmän reaktiivisia kuin esim. magneettikiisu ja sinkkivälke. Tehokkaasti neutraloivaa kalsiittia rikastushiekka sisältää verrattain vähän mutta toisaalta muita hitaammin neutraloivia mineraaleja (mm. albiitti-anortiitti/plagioklaasi, mikrokliini, muskoviitti ja biotiitti). Rikastushiekan mineralogia ja kenttähavainnot huomioon ottaen on haponmuodostuksen riskiä pidettävä vähäisenä.

## 5.3 Kokonaispitoisuudet

Rikastushiekan alkuaineiden kokonaispitoisuudet on esitetty taulukossa 4. Alkuperäiset analyysitulokset on esitetty liitteessä 2. Taulukossa on esitetty lisäksi vanhasta rikastushiekasta vuonna 2008 otettujen näytteiden kokonaispitoisuudet. Näille näytteille on laskettu keskiarvopitoisuus. Vertailupohjaksi taulukkoon on myös koottu Rautaruukki Oy:n vuosianalyysi 1982 rikastamon jätteestä. Vuosianalyysinäyte on homogenoiduista kuukausinäytteistä kerätty yhteisnäyte. Alkuperäiset analyysitulokset on laskettu oksidimuodosta alkuainemuotoon, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia.

Merkittävin ero vanhan rikastushiekka-altaan materiaalin keskikoostumuksen ja nyt tutkitun uuden rikastushiekan koostumuksen välillä on lähes kaikkien alkuaineiden alhaisemmat pitoisuudet vanhassa rikastushiekassa. Tässä tapauksessa keskiarvon tarkasteleminen johtaa kuitenkin väärin päätelmiin, koska näytteet on otettu eri syvyyksiltä (0,5 – 4 metriä). Pitoisuudet laskevat selvästi altaan pintaosissa, mikä johtuu mineraalien rapautumisesta ja alkuaineiden liukenemisesta suotoveteen. Syvemmällä olevan materiaalin voidaan katsoa edustavan paremmin alkuperäistä rikastushiekkaa, koska hapettumis- ja liukenemisprosessit eivät ole vaikuttaneet tähän yhtä voimakkaasti.

Verrattaessa uutta rikastushiekkaa ja syvältä (4 m) otettua rikastushiekanäytettä, huomataan uudessa rikastushiekassa suuremmat Ba-, Cr-, Cu, Mn-, Ni-, Pb, S- ja Ti -pitoisuudet. Suurin osa tästä vaihtelusta johtunee eri malmiyksiköiden luontaisesta alkuaineiden runsaussuhteiden vaihtelusta stratigrafian mukaan (ks. kappale 3.1).

Uuden rikastushiekan koostumuksen ja Rautaruukin ilmoittaman rikastushiekan vuosianalyysin (1982) välillä on selviä eroja. Analyysituloksia vertailtaessa tulee myös huomioida, että uusi rikastushiekanäyte edustaa varsin pientä osaa louhittavasta malmista, eikä sen edustavuus siten

ole yhtä hyvä kuin esim. vuoden 1982 rikastushiekan vuosianalyysissä. Vuosianalyysin mukaan Al-, Ca-, Fe-, Mg- ja Na-pitoisuudet ovat korkeammat kuin uudessa rikastushiekassa. Nämä alkuaineet esiintyvät silikaattimineraaleissa. Vastaavasti Cr-, Cu-, Ni-, Pb ja S-pitoisuudet ovat alhaisemmat. Uudessa rikastuskokeessa käytetty malmi on mahdollisesti pitoisuuksiltaan parempaa kuin vuonna 1982 rikastettu malmi. Tällöin myös joidenkin malmiin liittyvien alkuaineiden pitoisuus kasvaa rikastushiekassa. Toisaalta laboratoriomittakaavassa saanti on parempi, jolloin magnetiitin pitoisuus jätteessä on alhaisempi. Tämä heijastuu myös raudan ja vanadiinin alhaisempiin pitoisuuksiin uudessa rikastushiekassa. Fosforipitoisuusvaihtelu johtunee apatiitin määrän satunnaisvaihteluista malmissa.

**Taulukko 4. Rikastushiekan kokonaispitoisuudet**

| Mittaus-<br>suure    | Yksikkö | Uusi<br>rikastus-<br>hiekkä | Vanha rikastushiekka (näytteet altaalta) |              |                |                |              | keskiarvo | Rikastus-<br>hiekkä<br>1982 |
|----------------------|---------|-----------------------------|------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|--------------|-----------|-----------------------------|
|                      |         |                             | Näytepiste                               | PVP14-<br>08 | PVP15-<br>08-2 | PVP15-<br>08-1 | PVP16-<br>08 |           |                             |
|                      |         |                             | Syvyys                                   | 4 m          | 2 m            | 1 m            | 0.5 m        |           |                             |
| Al                   | mg/kg   | 15 500                      |                                          | 25 900       | 27 500         | 12 300         | 12 100       | 19 450    | 88 387                      |
| As                   | mg/kg   | <3                          |                                          | <3           | <3             | <3             | <3           | <3        |                             |
| B                    | mg/kg   | <4                          |                                          | <4           | <4             | <4             | <4           | <4        |                             |
| Ba                   | mg/kg   | 77                          |                                          | 51.15        | 58.48          | 21.98          | 19.62        | 37.81     |                             |
| Be                   | mg/kg   | <0.5                        |                                          | <0.5         | <0.5           | <0.5           | <0.5         | <0.5      |                             |
| Ca                   | mg/kg   | 17 800                      |                                          | 24 500       | 23 600         | 11 400         | 10 400       | 17 475    | 77 187                      |
| Cd                   | mg/kg   | 0.3                         |                                          | <0.3         | 0.34           | <0.3           | <0.3         | <0.3      |                             |
| Co                   | mg/kg   | 46                          |                                          | 44.44        | 55.66          | 28.19          | 24.83        | 38.28     |                             |
| Cr                   | mg/kg   | 17                          |                                          | 12.50        | 18.27          | <2             | 2.95         | 11.24     | 7                           |
| Cu                   | mg/kg   | 850                         |                                          | 600          | 770            | 580            | 480          | 607.5     | 663                         |
| Fe                   | mg/kg   | 46 600                      |                                          | 54 000       | 54 200         | 26 000         | 22 300       | 39 125    | 82 856                      |
| K                    | mg/kg   | 1 740                       |                                          | 1630         | 1 860          | 680            | 700          | 1 218     | 2 490                       |
| Mg                   | mg/kg   | 7 780                       |                                          | 9 060        | 11 900         | 5 240          | 5 140        | 7 835     | 34 373                      |
| Mn                   | mg/kg   | 510                         |                                          | 300          | 490            | 180            | 190          | 290       | 1 549                       |
| Mo                   | mg/kg   | <1                          |                                          | <1           | <1             | <1             | <1           | <1        |                             |
| Na                   | mg/kg   | 690                         |                                          | 910          | 1 290          | 540            | 470          | 803       | 20 772                      |
| Ni                   | mg/kg   | 98                          |                                          | 68.64        | 82.78          | 40.12          | 37.33        | 57.22     | 118                         |
| Hg                   | mg/kg   | <0.03                       |                                          | -            | -              | -              | -            | -         |                             |
| P                    | mg/kg   | <10                         |                                          | 66.52        | 67.99          | 120.00         | 86.45        | 85.24     | 131                         |
| Pb                   | mg/kg   | 11                          |                                          | 5.37         | 5.47           | <3             | <3           | 5.42      |                             |
| S                    | mg/kg   | 830                         |                                          | 650          | 900            | 580            | 430          | 640       | 1 000                       |
| Sb                   | mg/kg   | <4                          |                                          | <4           | <4             | <4             | <4           | <4        |                             |
| Se                   | mg/kg   | <4                          |                                          | <4           | <4             | <4             | <4           | <4        |                             |
| Sn                   | mg/kg   | <2                          |                                          | <2           | <2             | <2             | <2           | <2        |                             |
| Ti                   | mg/kg   | 3 230                       |                                          | 2 050        | 2 440          | 1 640          | 2 560        | 2 173     | 7 792                       |
| V                    | mg/kg   | 450                         |                                          | 630          | 520            | 290            | 250          | 423       | 680                         |
| Zn                   | mg/kg   | 77                          |                                          | 65.86        | 86.72          | 36.13          | 34.38        | 55.77     | 121                         |
| Muut<br>ominaisuudet |         |                             |                                          |              |                |                |              |           |                             |
| Hehkutushäviö(%)     |         | <0.1                        |                                          |              |                |                |              |           |                             |
| Kosteuspitoisuus(%)  |         | 20.8                        |                                          |              |                |                |              |           |                             |
| TOC (g/kg)           |         | <1                          |                                          |              |                |                |              |           |                             |

taulukossa 5 on esitetty rikastushiekan läjitysalueen pohjamaasta otettujen maanäytteiden sekä tausta-alueen näytteen analyysitulokset.

Analyysituloksista havaitaan, että pitoisuudet turpeessa ovat useimpien alkuaineiden osalta selvästi korkeampia kuin alapuolisissa moreenissa. Myös alapuolisen moreenin pitoisuudet ovat hieman kohonneita verrattaessa niitä tausta-alueen (Pvp4) moreeninäytteeseen. Etenkin kuparin kohdalla ero on selkeä. Kuitenkin esimerkiksi vanadiinin osalta pitoisuudet ovat käytännössä samalla tasolla tausta-alueella ja läjitysalueen alapuolisissa moreenissa. Rikastushiekan pitoisuudet (taulukko 4) ovat vastaavasti pääosin selkeästi korkeampia, kuin alapuolisen maaperän. Tuloksista voidaan päätellä, että rikastushiekasta liukenee jossain määrin alkuaineita (esim. kupari) mutta liunneet aineet pidättyvät pääosin läjitysalueen alapuoliseen turpeeseen. Turpeen alapuolisessa pohjamaassa alkuainepitoisuudet eivät ole merkittävästi kohonneita tausta-alueeseen verrattuna. Turvenäytteen kuparipitoisuutta lukuun ottamatta kaikki pitoisuudet alittavat Valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukaiset pilaantuneen maan ohjearvot.

Rikastushiekasta määritetty tyyppi jäi alle määritysrajojen. Viljavuustutkimuksen perusteella rikastushiekka on todettu huononlaiseksi, fosfori, kalium ja magnesiumpitoisuudet jäävät alhaisiksi, kalsium on välttävällä tasolla ja pH on liian korkea (8,4).

**Taulukko 5. Rikastushiekan kokonaispitoisuudet**

| Mittaus-suure | Yksikkö | Rikastushiekka-alueen pohjamaa ja taustanäyte (Pvp4) |          |           |            |         |
|---------------|---------|------------------------------------------------------|----------|-----------|------------|---------|
|               |         | Näytepiste                                           | PVP14-08 | PVP14-08  | PVP16-08   | Pvp4-08 |
|               |         | Syvyys                                               | 6 m (Tv) | 7,5m (Mr) | 7,0 m (Mr) | 0-0,5 m |
| Al            | mg/kg   |                                                      | 19 500   | 13 700    | 12 800     | 13 500  |
| As            | mg/kg   |                                                      | < 3      | < 3       | < 3        | < 3     |
| B             | mg/kg   |                                                      | 5        | < 4       | 5          | < 4     |
| Ba            | mg/kg   |                                                      | 44       | 54        | 52         | 27      |
| Be            | mg/kg   |                                                      | < 0,5    | < 0,5     | < 0,5      | < 0,5   |
| Ca            | mg/kg   |                                                      | 16 800   | 8 220     | 7 500      | 4 040   |
| Cd            | mg/kg   |                                                      | < 0,3    | < 0,3     | < 0,3      | < 0,3   |
| Co            | mg/kg   |                                                      | 38       | 16        | 11         | 4       |
| Cr            | mg/kg   |                                                      | 9        | 37        | 29         | 22      |
| Cu            | mg/kg   |                                                      | 550      | 140       | 140        | 19      |
| Fe            | mg/kg   |                                                      | 49 000   | 21 400    | 18 200     | 17 900  |
| K             | mg/kg   |                                                      | 1 230    | 1 710     | 1 780      | 860     |
| Mg            | mg/kg   |                                                      | 7 750    | 5 850     | 4 770      | 1 970   |
| Mn            | mg/kg   |                                                      | 280      | 190       | 180        | 120     |
| Mo            | mg/kg   |                                                      | < 1      | < 1       | < 1        | < 1     |
| Na            | mg/kg   |                                                      | 800      | 500       | 440        | 170     |
| Ni            | mg/kg   |                                                      | 57       | 29        | 20         | 8       |
| P             | mg/kg   |                                                      | 140      | 260       | 270        | 270     |
| Pb            | mg/kg   |                                                      | 4        | 4         | 3          | 6       |
| S             | mg/kg   |                                                      | 890      | 290       | 200        | 170     |
| Sb            | mg/kg   |                                                      | < 4      | < 4       | < 4        | < 4     |
| Se            | mg/kg   |                                                      | < 4      | < 4       | < 4        | < 4     |
| Sn            | mg/kg   |                                                      | < 2      | < 2       | < 2        | < 2     |
| Ti            | mg/kg   |                                                      | 2 270    | 1 670     | 1 330      | 1 020   |
| V             | mg/kg   |                                                      | 580      | 160       | 97         | 110     |
| Zn            | mg/kg   |                                                      | 54       | 27        | 23         | 13      |

#### 5.4 Haitta-aineiden liukoisuus

Mustavaaran rikastushiekalle tehtyjen liukoisuustestien tulokset on esitetty taulukossa 6. Taulukossa on esitetty myös Vna 202/2006 mukaiset kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset pysyvän ja tavanomaisen epäorgaanisen jätteen osalta. Kaivannaisjätteille ei vastaavia liukoisuusvaatimuksia ole toistaiseksi olemassa, joten vertailu on suoritettu tavanomaisten kaatopaikkajätteiden vastaaviin vaatimuksiin.

Kaatopaikkakelpoisuusasetuksen mukaisesti arvioinnissa hyödynnetään ensisijaisesti kolonnitestin L/S10- pitoisuuksia. Yksikään pitoisuuksista ei ylitä pysyväälle jätteelle asetettuja raja-arvoja, vaan ne jäävät pääosin määritysrajojen alapuolelle. Yleisesti ottaen ravistelutestissä havaitut liukoisuudet olivat suurempia kuin kolonnitestissä havaitut.

**Taulukko 6. Ravistelu- ja kolonnitestien vertailu.**

| Suure           | Yksikkö | Pysyvän jätteen raja-arvot | Epäorgaanisen tavanomaisen jätteen raja-arvot | Ravistelutesti |         | Kolonnitesti |         |
|-----------------|---------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------|---------|--------------|---------|
|                 |         |                            |                                               | (L/S2)         | (L/S10) | (L/S2)       | (L/S10) |
| Al              | mg/kg   |                            |                                               | 2.76           | 6.91    | 0.48         | 3.78    |
| As              | mg/kg   | 0.5                        | 2                                             | <0.03          | <0.15   | <0.03        | <0.15   |
| B               | mg/kg   |                            |                                               | <0.04          | <0.2    | <0.04        | <0.2    |
| Ba              | mg/kg   | 20                         | 100                                           | 0.022          | <0.05   | <0.01        | 0.06    |
| Be              | mg/kg   |                            |                                               | <0.01          | <0.05   | <0.01        | <0.05   |
| Ca              | mg/kg   |                            |                                               | 30.1           | 83.4    | 24.7         | 135     |
| Cd              | mg/kg   | 0.04                       | 1                                             | <0.003         | <0.015  | <0.003       | <0.015  |
| Co              | mg/kg   | -                          |                                               | <0.01          | <0.05   | <0.01        | <0.05   |
| Cr              | mg/kg   | 0.5                        | 10                                            | <0.02          | <0.1    | <0.02        | <0.1    |
| Cu              | mg/kg   | 2                          | 50                                            | 0.077          | 0.2     | <0.02        | <0.1    |
| Fe              | mg/kg   |                            |                                               | 6.84           | 13.6    | <0.045       | 0.13    |
| K               | mg/kg   |                            |                                               | 11.7           | 38.1    | 6.27         | 23.7    |
| Mg              | mg/kg   |                            |                                               | 9.6            | 18.8    | 2.75         | 9.28    |
| Mn              | mg/kg   |                            |                                               | 0.085          | 0.2     | <0.01        | <0.05   |
| Mo              | mg/kg   | 0.5                        | 10                                            | 0.1            | 0.12    | <0.028       | <0.05   |
| Na              | mg/kg   |                            |                                               | 24.1           | 37.4    | 7.48         | 23.2    |
| P               | mg/kg   |                            |                                               | <0.2           | <1      | <0.2         | <1      |
| Ni              | mg/kg   | 0.4                        | 10                                            | 0.023          | <0.1    | <0.01        | <0.05   |
| Pb              | mg/kg   | 0.5                        | 10                                            | <0.03          | <0.15   | <0.03        | <0.15   |
| S               | mg/kg   |                            |                                               | 28             | 34.5    | 8.86         | 24.4    |
| Sb              | mg/kg   | 0.06                       | 0.7                                           | 0.017          | <0.05   | <0.01        | <0.05   |
| Se              | mg/kg   | 0.1                        | 0.5                                           | <0.01          | <0.05   | <0.01        | <0.05   |
| Sn              | mg/kg   | -                          |                                               | <0.03          | <0.15   | <0.03        | <0.15   |
| Ti              | mg/kg   |                            |                                               | 1.02           | 3.05    | <0.03        | <0.15   |
| V               | mg/kg   | -                          |                                               | 0.12           | 0.54    | 0.063        | 0.15    |
| Zn              | mg/kg   | 4                          | 50                                            | 0.024          | <0.1    | <0.02        | <0.1    |
| Hg              | mg/kg   | 0.01                       | 0.2                                           | <0.001         | <0.005  | <0.001       | <0.005  |
| F-              | mg/kg   | 10                         | 150                                           | <1             | <5      | <1           | <5      |
| Cl-             | mg/kg   | 800                        | 15000                                         | <10            | <50     | <10          | <50     |
| SO <sub>4</sub> | mg/kg   | 1000                       | 20000                                         | 71.1           | 85.9    | <10          | <50     |
| DOC             | mg/kg   | 500                        | 800                                           | 5.4            | 14.4    | 3.4          | <10     |
| Uutteen pH      | -       |                            | > 6                                           | 7.5            | 7.7     | 7.7          | 8.1     |
| Sähkönjohtokyky | mS/m    |                            |                                               | 17.7           | 6.3     | 9.83         | 9.03    |

## 5.5 Jäteluettelon mukainen koodi

Rikastushiekalle soveltuva jäteluettelon (YM 1129/2001) mukainen koodi on 01 03 06 (muut kuin nimikkeissä 04 ja 05 mainitut rikastushiekat).

## 5.6 Vertailu ympäristön pohja- ja pintavesien pitoisuuksiin

Taulukkoon 7 on koottu eri vesinäytteiden analyysituloksia seuraavasti:

- 4 pohjavesinäytettä rikastushiekka-altaan ympäristöstä
- Ravistelu- ja kolonnitestien suodosliuosten (L/S 2 ja 8) pitoisuudet
- Suodosvesi uudesta rikastushiekasta (prosessivesi)
- Rikastushiekka-altaan vesi (keskiarvo syyskuussa 2008 ja maaliskuussa 2009 kerätyistä näytteistä, 1 ja 5 metrin syvyydeltä)

Eri analysointimenetelmien ja määritysrajojen vuoksi tuloksia on vaikea vertailla joidenkin alkuaineiden osalta (esim Ni ja Cu). Vertailussa täytyy myös huomioida, että pintaveden analyysit on suoritettu suodattamattomasta vedestä.

Vertailuun mukaan otetut pohjavesinäytteet sijaitsevat rikastushiekka-altaan ympäristössä (kuva 5.1). Pohjavesiputki PVP15 sijaitsee rikastushiekka-alueella. Pohjaveden virtaussuunnat huomioiden PVP13 sijaitsee paikassa, jossa pohjaveden koostumus edustaa alueen tausta-arvoja. PVP11 ja PVP12 sijaitsevat rikastushiekka-altaan patojen tuntumassa; altaan suotovedet vaikuttavat tämän alueen pohjaveden koostumukseen.

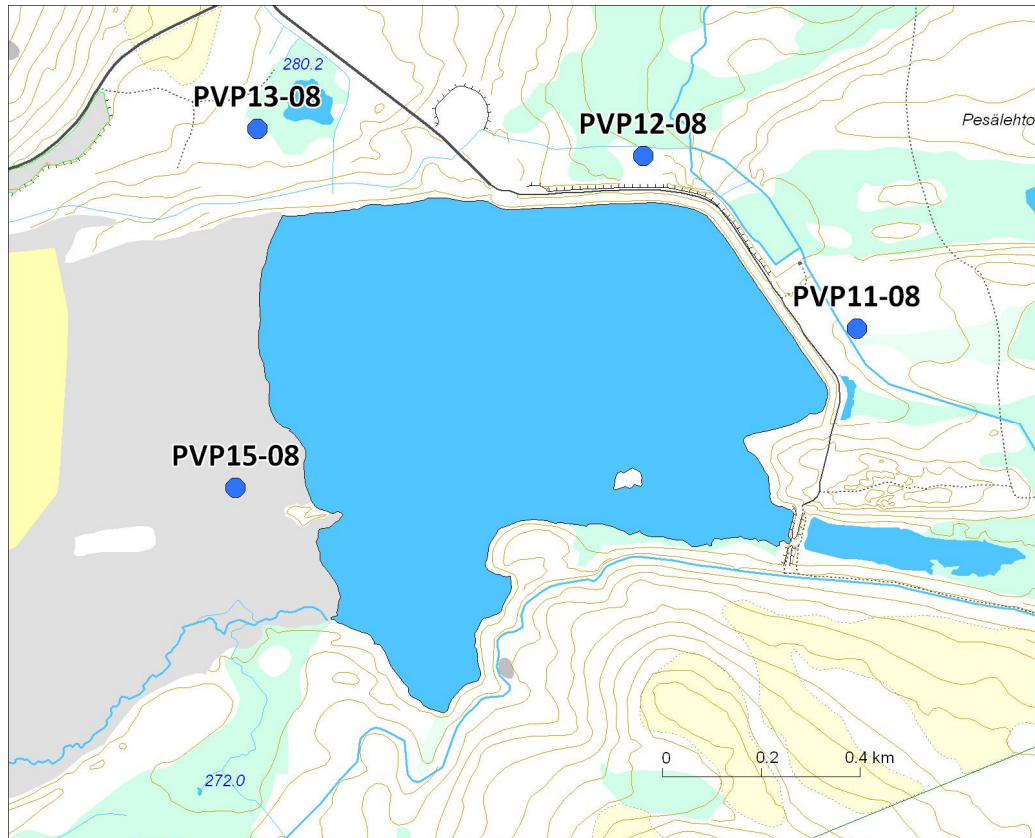
Kun pohjaveden tausta-arvoja (PVP13) verrataan Pohjois-Suomen pohjavesien (Johansson ja Kujansuu, 2005) ja Geologian tutkimuskeskuksen aineiston (lähteet ja kuilukaivot) mediaaniarvoihin (Backman ym., 1999) huomataan muutamien alkuaineiden pitoisuuden olevan koholla yleisestä tasosta. Näitä ovat mm. barium, koboltti, mangaani, nikkeli ja strontium. Suurin osa alkuaineiden pitoisuuksista on kuitenkin lähellä mediaaniarvoja.

Taulukossa 6 kunkin alkuaineen korkein havaittu pitoisuus pohjavedessä on merkitty punaisella fontilla, matalin sinisellä fontilla. Rikastushiekka-alueen vaikutuspiirissä sijaitsevista pohjavesiputkista otetuista vesinäytteissä havaittiin rikastushiekka-alueen vaikutus pohjaveden laatuun. Korkeimmat alkuainepitoisuudet tavattiin rikastushiekka-alueelta otetussa pohjavesinäytteestä (PVP15). Tässä näytteessä As-, B-, Ba-, Ca-, Cd-, Co-, Cr-, Cu-, K-, Li-, Mg-, Mo-, Na-, P-, Rb-, S-, Sr-, U- ja V -pitoisuudet olivat selvästi koholla muihin havaintoputkiin verrattuna.

Rikastushiekka-alueen pohjavesi- ja altaan pintavesianalyysit on suoritettu eri analyysimenetelmillä, joten määritysrajat poikkeavat toisistaan. Monien alkuaineiden suhteen tarkkaa vertailua ei pysty suorittamaan. Pintavedessä on havaitaan korkeammat pitoisuudet alumiinin ja raudan osalta, kun taas lähes kaikkien muiden alkuaineiden suhteen pitoisuudet pintavedessä ovat alhaisemmat kuin pohjavedessä. Huomattavin ero on Ca-, K-, Mg-, Mn- ja Na- pitoisuuksissa.

Pohjavesiputkessa PVP15 havaitut pitoisuudet ovat pääosin korkeampia tai samalla tasolla kuin rikastushiekan suodosvedestä analysoidut pitoisuudet. Ainoastaan alumiinin, kromin ja kaliumin osalta pitoisuudet rikastushiekan suodosvedessä ovat selvästi korkeampia kuin rikastushiekka-alueen pohjavedessä. Rikastushiekka-alueen läheisyydessä sijaitsevan pohjavesiputken Pvp12 vedenlaatu osoittaa, että useimpien alkuaineiden pitoisuudet pohjavedessä ovat selvästi alhaisempia, kuin varsinaisessa rikastushiekka-alueen pohja-/huokosvedessä (esim. vanadiini). Tämä viittaa siihen, että alkuaineiden kulkeutuminen suotovesien mukana pohjavedessä on kohtalaisen vähäistä ja että alkuaineita toisaalta pidättyy esim. altaan alapuolisiin turvekerrostumiin.

Pohjaveden ja allasveden pitoisuudet sekä liukoisuustestien suodokset ja koeprosessin prosessiveden laatu ovat pääosin vertailukelpoisia alkuaineiden pitoisuuksien suhteen. Liukoisuustestien tuloksia voidaan näin ollen pitää verrattain luotettavina myös suuressa mittakaavassa.



**Kuva 5-1. Pohjavesinäytteiden sijainti**

Suotovesinäytteiden L/S2 ja 8 fraktiot kuvaavat suotoveden pitoisuuden kehittymistä ajan kuluessa. Useimpien alkuaineiden osalta konsentraatio ajan kuluessa laskee ja tasoittuu tietylle tasapainotasolle.

### **Talousvesinormit**

Tutkittujen laatuparametrien osalta voidaan todeta, että rikastushiekka-alueen pohjavedessä sekä rikastushiekka-altaan pintavedessä havaitut pitoisuudet eivät ylitä talousvedelle asetettuja enimmäispitoisuuksia niiden parametrien osalta, jotka ko. asetuksissa (STM 461/2000 ja STM 401/2001) on mainittu. Pintavesien osalta muutaman alkuaineen (As, Pb, Sb, Se ja Hg) suhteen määrittäjäraja on korkeampi kuin sallittu pitoisuus. Aiemmassa vertailussa kävi kuitenkin ilmi, että lähes kaikkien alkuaineiden pitoisuudet ovat pienemmät pintavedessä kuin pohjavedessä, joten voidaan olettaa, etteivät rajat ylittyisi tarkemmassakaan analyysissä.

Talousvedelle asetettujen laatusuosituksen osalta raja-arvot ylittyvät rikastushiekka-alueen pohjavedessä mangaanin, sähköjohtavuuden ja kemiallisen hapenkulutuksen suhteen. Pintavesinäytteen rautapitoisuus on lähellä laatusuosituksen rajaa, muttei kuitenkaan ylitä sitä.

**Taulukko 7. Rikastushiekka-alueen pohjaveden, rikastushiekka-altaan pintaveden, rikastushiekan suodosveden sekä ravistelu- ja kolonnitestien pitoisuuksien vertailu.**

| Mittaus-<br>suure    | Yksikkö | Pohjavesi, rikastushiekka-<br>altaan ympäristö |       |       |       | Ravistelu-<br>testi | Kolonne-<br>testi | Ravistelu-<br>testi | Kolonne-<br>testi | Suodosvesi<br>rikastushiekasta | Allasvesi |
|----------------------|---------|------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|-----------|
|                      |         | PVP11                                          | PVP12 | PVP13 | PVP15 | (L/S2)              |                   | (L/S8)              |                   |                                | Keskiarvo |
| Ag                   | µg/l    | <0.01                                          | 0.02  | 0.02  | 0.01  | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              | <1        |
| Al                   | µg/l    | 19.6                                           | 24.9  | 29.3  | 27.3  | 1380                | 230               | 1 000               | 420               | 4 440                          | 34.3      |
| As                   | µg/l    | 0.06                                           | 0.07  | <0.05 | 0.22  | < 15                | < 15              | < 15                | < 15              | <15                            | <1        |
| B                    | µg/l    | 2.05                                           | 15.4  | 1.84  | 67.9  | < 20                | < 20              | < 20                | < 20              | 27                             | <10       |
| Ba                   | µg/l    | 10.8                                           | 32.6  | 12.9  | 35.6  | 11                  | < 5               | < 5                 | 7                 | 29                             | 8.1       |
| Be                   | µg/l    | <0.1                                           | <0.1  | <0.1  | <0.1  | < 5                 | < 5               | < 5                 | < 5               | <5                             | <0.2      |
| Bi                   | µg/l    | <0.02                                          | <0.02 | <0.02 | <0.02 | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              |           |
| Ca                   | mg/l    | 2.6                                            | 35.2  | 2.11  | 128   | 15.1                | 11.9              | 11.1                | 13.9              | 33.5                           | 17.5      |
| Cd                   | µg/l    | <0.02                                          | 0.03  | <0.02 | 0.14  | < 1.5               | < 1.5             | < 1.5               | < 1.5             | <2                             | <0.5      |
| Co                   | µg/l    | 1.24                                           | 4.94  | 2.72  | 16.7  | < 5                 | < 5               | < 5                 | < 5               | <3                             | <2        |
| Cr                   | µg/l    | 0.26                                           | <0.2  | 0.24  | 0.5   | < 10                | < 10              | < 10                | < 10              | 13                             | <5        |
| Cu                   | µg/l    | 2.13                                           | 4.45  | 1.87  | 47    | 38                  | < 10              | 17                  | < 10              | <10                            | 21.0      |
| Fe                   | µg/l    | <30                                            | 30    | 40    | 40    | 3 420               | 22                | 2 230               | 11                | <15                            | 198.0     |
| K                    | mg/l    | 0.97                                           | 2.33  | 0.9   | 10.9  | 5.87                | 3.03              | 4.6                 | 2.2               | 15.3                           | 1.1       |
| Li                   | µg/l    | 0.4                                            | 0.97  | 0.29  | 7.13  | -                   | -                 | -                   | -                 |                                | <1        |
| Mg                   | mg/l    | 0.61                                           | 7.39  | 0.85  | 98.4  | 4.8                 | 1.33              | 3.09                | 0.82              | 0.027                          | 3.4       |
| Mn                   | µg/l    | 72.9                                           | 1 540 | 188   | 1280  | 43                  | < 5               | 29                  | < 5               | <5                             | 5.9       |
| Mo                   | µg/l    | 0.14                                           | 0.16  | 0.03  | 8.35  | 51                  | < 14              | 5                   | < 5               | 17                             | <1        |
| Na                   | mg/l    | 1.95                                           | 28.2  | 1.73  | 66.8  | 12.0                | 3.61              | 2.09                | 1.98              | 7.75                           | 4.7       |
| Ni                   | µg/l    | 2.08                                           | 24.1  | 3.68  | 18.2  | 12                  | < 5               | < 5                 | < 5               | <5                             | 4.0       |
| P                    | µg/l    | 12.8                                           | 31.2  | 13.6  | 54.7  | < 100               | < 100             | < 100               | < 100             | <100                           | 11.5      |
| Pb                   | µg/l    | 0.05                                           | 0.05  | 0.07  | 0.07  | < 15                | < 15              | < 15                | < 15              | <15                            | <1        |
| Rb                   | µg/l    | 1.02                                           | 0.45  | 1.47  | 11.3  | -                   | -                 | -                   | -                 |                                |           |
| S                    | mg/l    | 0.94                                           | 19.7  | 0.77  | 142   | 14                  | 4.28              | 1.35                | 1.97              | 6.61                           |           |
| Sb                   | µg/l    | 0.03                                           | 0.02  | 0.03  | 0.07  | 8.3                 | < 5               | < 5                 | < 5               | <15                            | <1        |
| Se                   | µg/l    | <0.5                                           | <0.5  | <0.5  | 0.78  | < 5                 | < 5               | < 5                 | < 5               | <20                            | <2        |
| Si                   | mg/l    | 4.89                                           | 11.1  | 5.55  | 8.76  | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              |           |
| Sr                   | µg/l    | 19.2                                           | 124   | 23.8  | 258   | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              |           |
| Th                   | µg/l    | <0.01                                          | 0.01  | 0.01  | 0.01  | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              |           |
| Tl                   | µg/l    | <0.01                                          | <0.01 | <0.01 | 0.04  | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              | <0.5      |
| U                    | µg/l    | 0.01                                           | 0.94  | 0.01  | 1.56  | -                   | -                 | -                   | -                 | -                              |           |
| V                    | µg/l    | 1.93                                           | 0.53  | 0.23  | 11    | 62                  | 32                | 53                  | 11                | <10                            | 9.5       |
| Zn                   | µg/l    | 290                                            | 22.4  | 19.9  | 19.2  | 12                  | < 10              | < 10                | < 10              | <10                            | 6.8       |
| Sn                   | µg/l    |                                                |       |       |       | < 15                | < 15              | < 15                | < 15              | <15                            |           |
| Ti                   | µg/l    |                                                |       |       |       | 520                 | < 15              | 260                 | < 15              | <15                            |           |
| Hg                   | µg/l    |                                                |       |       |       | <0.5                | <0.5              | <0.5                | <0.5              | <200                           | <0.05     |
| pH                   |         | 6.3                                            | 6.5   | 5.5   | 6.7   |                     |                   |                     |                   | 7.6                            | 7.4       |
| Alkalinit.           | mmol/l  | 0.34                                           | 2.4   | 0.25  | 7.8   |                     |                   |                     |                   |                                | 1.8       |
| COD <sub>Mn</sub>    | mg/l    | 1.6                                            | 2.3   | 1.4   | 14    |                     |                   |                     |                   |                                | 5.4       |
| Johtokyky            | mS/m    | 3.3                                            | 38    | 3.1   | 158   |                     |                   |                     |                   | 42.4                           | 15.2      |
| N <sub>tot</sub>     | µg/l    | 91                                             | 640   | 140   | 7 500 |                     |                   |                     |                   |                                | 817.5     |
| NH <sub>4</sub> -N   | µg/l    | 16                                             | 470   | 24    | 6 400 |                     |                   |                     |                   |                                | 84.0      |
| NO <sub>2,3</sub> -N | µg/l    | 6                                              | <5    | 10    | <5    |                     |                   |                     |                   |                                | 545.0     |
| O <sub>2</sub>       | mg/l    | 7                                              | 1.5   | 5     | 1.3   |                     |                   |                     |                   |                                | 9.9       |
| SO <sub>4</sub>      | mg/l    | 2.5                                            | 64    | 1.7   | 500   | 35.6                | < 5               | 3.2                 | < 5               |                                | 32.3      |

## 6 SIVUKIVI

### 6.1 Mineralogia ja haponmuodostuspotentiaali

Mustavaaran sivukivi koostuu anortosiitista, anortosiittigabrosta ja pirotekivistä (ks kappale 3.2). Mineralogialtaan anortosiitti on yksinkertainen; se koostuu lähinnä plagioklaasista ja augiitista, sekä näiden muuttumistuloksista epidootista, uraliitista ja kloriitista. Kattopuolen sivukivessä on pieniä määriä magnetiittipiroetta, mutta sulfideja ei esiinny lainkaan. Mineralogian perusteella voidaan olettaa, ettei sivukivestä liukene haitallisia aineita merkittävässä määrin.

Sivukiven rikkipitoisuus on 0,04 %, mikä on alhainen pitoisuus. Alle 0,3 % sulfideja sisältäviä materiaaleja pidetään yleisesti happamien suovesien muodostumisen kannalta vaarattomina. Kokonaisrikistä laskettu haponmuodostuspotentiaali on 1,25 kg  $\text{CaCO}_3$ /t. Hapomuodostuksen kannalta oleellisen sulfidirikin määrää ei ole erikseen määritetty mutta se muodostaa kokonaisrikistä määrätyn osuuden. Sulfidirikin määrästä riippuen haponmuodostuspotentiaali voi olla arvioitua alhaisempikin tai enimmillään arvioitun suuruinen.

Hiilipitoisuus puolestaan on 0,06 %. Karbonaattihiilen määrä alitti määrittäysrajan (< 0,05 %). NP-testin mukainen neutraloimispotentiaali on 7,53 kg  $\text{CaCO}_3$ /t.

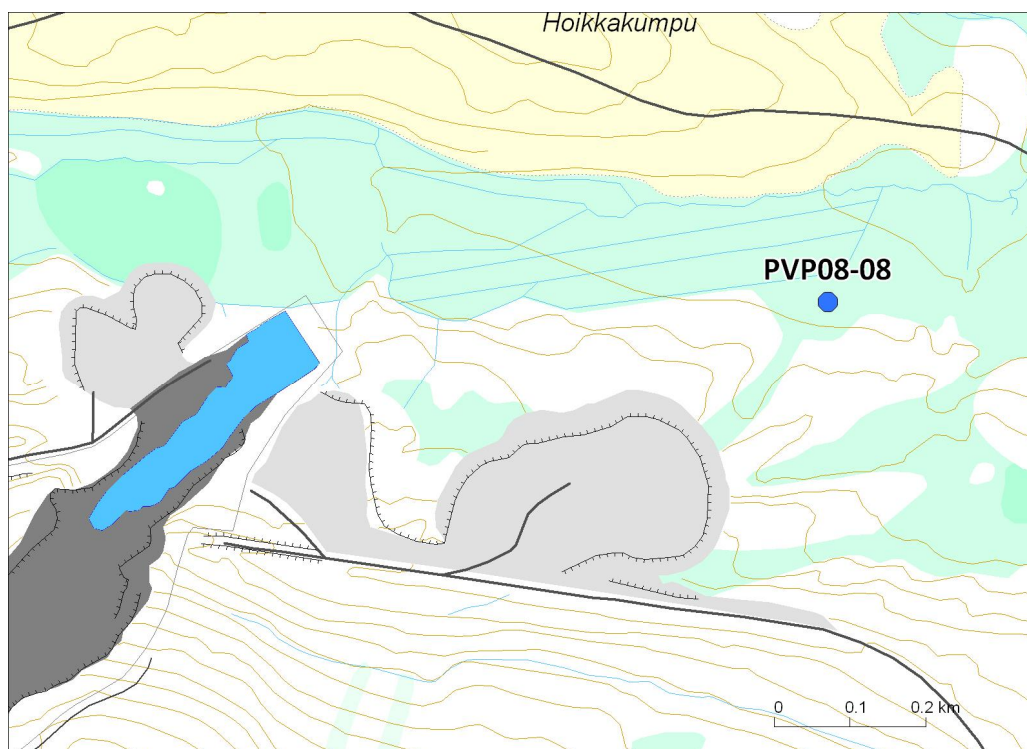
NP:AP- suhde on > 6. Pricen (1997) mukaan materiaali ei omaa haponmuodostuskykyä, mikäli suhdeluku on yli 4.

### 6.2 Vanhan sivukivialueen pohjavesi

Pohjavesiputki PVP08 on asennettu noin 200 metrin päähän sivukivialueesta (Kuva 6.1). Verrattaessa tästä putkesta otettua näytettä tausta-arvoon (PVP13), huomataan, että raudan ja vanadiinin, kuten myös alumiinin pitoisuudet ovat koholla taustasta (Taulukko 8). Muut alkuaineet pysyttelevät samoissa suuruusluokissa. Sivukivialueen läheisyys ei kuitenkaan yksin selitä kohonneita pitoisuuksia; pohjavesiputki sijaitsee hyvin lähellä magnetiittigabron kontaktia, joten todennäköisemmin nämä kohonneet pitoisuudet johtuvat kallioperän luontaisesta koostumuksen vaihtelusta Mustavaaran alueella.

Taulukko 8. Sivukivi- ja tausta-alueen pohjaveden pitoisuuksia

| Mittaus-<br>suure | Yksikkö | Pohjavesi,<br>tausta | Pohjavesi,<br>sivukivialue | Mittaus-<br>suure    | Yksikkö | Pohjavesi,<br>tausta | Pohjavesi,<br>sivukivialue |
|-------------------|---------|----------------------|----------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------------|
|                   |         | PVP13                | PVP8                       |                      |         | PVP13                | PVP8                       |
| Ag                | µg/l    | 0.02                 | 0.03                       | Pb                   | µg/l    | 0.07                 | 0.09                       |
| Al                | µg/l    | 29.3                 | 77.2                       | Rb                   | µg/l    | 1.47                 | 1.53                       |
| As                | µg/l    | <0.05                | 0.11                       | S                    | mg/l    | 0.77                 | 1.4                        |
| B                 | µg/l    | 1.84                 | 3.3                        | Sb                   | µg/l    | 0.03                 | 0.02                       |
| Ba                | µg/l    | 12.9                 | 20.4                       | Se                   | µg/l    | <0.5                 | <0.5                       |
| Be                | µg/l    | <0.1                 | <0.1                       | Si                   | mg/l    | 5.55                 | 5.97                       |
| Bi                | µg/l    | <0.02                | <0.02                      | Sr                   | µg/l    | 23.8                 | 13.8                       |
| Ca                | mg/l    | 2.11                 | 2.18                       | Th                   | µg/l    | 0.01                 | 0.03                       |
| Cd                | µg/l    | <0.02                | <0.02                      | Tl                   | µg/l    | <0.01                | <0.01                      |
| Co                | µg/l    | 2.72                 | 1.05                       | U                    | µg/l    | 0.01                 | 0.02                       |
| Cr                | µg/l    | 0.24                 | 0.44                       | V                    | µg/l    | 0.23                 | 1.48                       |
| Cu                | µg/l    | 1.87                 | 4.11                       | Zn                   | µg/l    | 19.9                 | 12.5                       |
| Fe                | µg/l    | 40                   | 620                        | pH                   |         | 5.5                  | 5.6                        |
| K                 | mg/l    | 0.9                  | 0.96                       | Alkalinit.           | mmol/l  | 0.25                 | <0.2                       |
| Li                | µg/l    | 0.29                 | 0.27                       | COD <sub>Mn</sub>    | mg/l    | 1.4                  | 2.8                        |
| Mg                | mg/l    | 0.85                 | 0.6                        | Johtokyky            | mS/m    | 3.1                  | 3.3                        |
| Mn                | µg/l    | 188                  | 61.3                       | Ntot                 | µg/l    | 140                  |                            |
| Mo                | µg/l    | 0.03                 | 0.03                       | NH <sub>4</sub> -N   | µg/l    | 24                   |                            |
| Na                | mg/l    | 1.73                 | 2.25                       | NO <sub>2,3</sub> -N | µg/l    | 10                   |                            |
| Ni                | µg/l    | 3.68                 | 1.35                       | O <sub>2</sub>       | mg/l    | 5                    | 0.3                        |
| P                 | µg/l    | 13.6                 | 13.2                       | SO <sub>4</sub>      | mg/l    | 1.7                  | 3.9                        |



Kuva 6-1. Pohjavesiputki sivukivialueen läheisyydessä

### 6.3 Jäteluettelon mukainen koodi

Sivukivelle soveltuva jäteluettelon (YM 1129/2001) mukainen koodi on 01 01 01 (Metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet).

## 7 YMPÄRISTÖKELPOISUUSARVIO

Mustavaaran rikastushiekka koostuu pääosin plagioklaasista, aktinoliitista, sarvivälikkeestä ja epidootista; vähemmässä määrin kloriitista, kvartsista, augiitista, ilmeniitistä ja biotiitista. Sulfidimineraaleja (rikkikiisu ja kuparikiisu) on havaittu hyvin pieni määrä (0.29 %).

Ympäristön kannalta haitallisten alkuaineiden kokonaispitoisuudet rikastushiekassa ovat: As <3 mg/kg, Cd 0.3 mg/kg, Cr 17 mg/kg, Cu 850 mg/kg, Hg < 0,03 mg/kg, Mo <1 mg/kg, Ni 98 mg/kg ja Pb 11 mg/kg.

Haponmuodostustestauksen eli ns. ABA-testauksen mukaan rikastushiekan haponmuodostuspotentiaali on alhainen NP:AP suhteen ollessa välillä 2,5...3,1.

Rikastushiekalle suoritettujen liukoisuustestien (kolonnitesti CEN TS 14405 L/S10) mukaan alkuaineiden liukoisuudet eivät ylitä pysyväälle jätteelle asetetut raja-arvoja. Liuenneiden alkuaineiden pitoisuudet suotovedessä ovat pääosin alhaisia. Pitoisuudet laskevat tutkimusten perusteella edelleen rikastushiekka-alueen alapuolisessa pohjavedessä, johtuen mm. pidättymisestä läjitysalueen alapuoliseen turpeeseen.

**Edellä mainituilla perusteilla rikastushiekka voidaan luokitella pysyväksi jätteeksi.**

Pääasiallisen sivukiven, anortosiitin mineralogia on yksinkertainen; se koostuu lähinnä plagioklaasista ja augiitista, sekä näiden muuttumistuloksista epidootista, uraliitista ja kloriitista. Sulfidien pitoisuus on alhainen. Haponmuodostustestauksen mukaan NP:AP suhde on > 6, eli materiaali ei omaa haponmuodostuspotentiaalia. **Näillä perusteilla sivukivi voidaan luokitella pysyväksi jätteeksi.**

Rovaniemellä 5. elokuuta 2009

Pöyry Environment Oy

Pekka Tuomela  
Ympäristögeologi

Taina Eloranta  
Geologi

### Sanasto

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ABA | Acid base accounting, happo-emäslaskenta             |
| AMD | Acid mine drainage, hapen suotovesivalunta           |
| AP  | Acid generation potential, haponmuodostuspotentiaali |
| L/S | Liquid/solid, neste-kiintoainesuhte                  |
| NP  | Neutralisation potential, neutralisaatiopotentiaali  |

### KIRJALLISUUS

**EC, 2004.** Reference document on Best available techniques for management of tailings and waste rock in mining activities, European comission.

**Backman, B. Lahermo, P., Väisänen, U., Paukola, T., Juntunen, R., Karhu, J., Pullinen, A., Rainio, H. ja Tanskanen, H. 1999.** Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969-1996. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 147, 261 s.

**Juopperi, Aarre 1977.** The magnetite gabbro and related Mustavaara vanadium ore deposits in the Porttivaara layered intrusion, north-eastern Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 288. Espoo: 68 p.

**Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Vestola, E., Vaajasaari, K. ja Joutti, A., 2006,** Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2006.

**Heikkinen, P., 2000.** Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä, Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 150.

**Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U., ja Suomela, P., 2002.** Tuhat kaivoa- Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999, Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 155

**Price, W.A., 1997.** DRAFT guidelines and recommended methods for for the prediction of metal leaching and acid rock drainage at minesites in British Columbia B.C., Ministry of Employment and Investment.

**Wahlström, M. ja Laine-Ylijoki, J., 1996,** Standardoidut liukoisuustestimenetelmät maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien ympäristötestauksessa, VTT, tiedotteita 1801

**Adriana Resources Ltd.**
**9M707012**
**MUSTAVAARAN KAIVOS**

Ympäristövaikutusten arviointi

**Maaperä- ja pohjavesitutkimukset, nykytilanteen selvitys**
**TUTKIMUSPISTETIEDOT**

- kairaukset on tehty 6. – 9.10.2008
- korkeusjärjestelmä N60

PVP= kairauspiste ja pohjavesiputki

KK= kairauspiste

Pp= putkenpää

Mp= maanpinta

W= vesipinta (9.-10.12.2008)

Pk= putken kärki

| Piste                           | Korkeustiedot, m (N60)                                                                                                                   | Maaperän kerrosjärjestys ja otetut maanäytteet                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PP1/L1<br>Pelletti-<br>kenttä   | Pp +265,79<br>Mp +264,58<br>W +264,66 (jäässä)<br>Pk +262,09<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m   | 0,0 - 1,8 m Pellettimurske<br>1,8 - 2,5 m turve<br>2,5 - 3,0 m siHkMr<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br>2,0 - 3,0 m Ei hajuja<br><br>Lisänäytteet (L1): 1,0 m Rikastushiekka<br>2,5 m Turve<br>3,0 m siHkMr, pohjamaa |
| PP2<br>Vanha<br>tehdas-<br>alue | Pp +264,75<br>Mp +263,98<br>W +263,71<br>Pk +259,75<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m            | 0,0 - 3,0 m sepeli<br>3,0 - 3,5 m pellettimurske<br>3,5 - 4,5 m siHkMr<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>2,0 - 3,0 m Ei hajuja<br>3,5 - 4,0 m Ei hajuja                                                                                                                 |
| PP3<br>Vanha<br>tehdas-<br>alue | Pp +267,15<br>Mp +266,41<br>W +265,14<br>Pk +256,05<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 10,0 m | 0,0 - 1,0 m rikastushiekka tai pellettimurske<br>1,0 - 2,0 m siHkMr + ki<br>2,0 - 8,0 m SiMr (löysä)<br>8,0 - 10,5 m siHkMr (tiivis)<br>10,5 m → ki tai ka<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br>2,0 - 3,0 m Ei hajuja    |

| Piste                                           | Korkeustiedot, m (N60)                                                                                                                  | Maaperän kerrosjärjestys ja otetut maanäytteet                                                                                                                                                                                   |  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| PP4<br>Vanha<br>tehdas-<br>alue                 | Pp +266,94<br>Mp +265,90<br>W +263,34<br>Pk +260,94<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 4,0 m | 0,0 - 0,2 m Hm<br>0,2 - 5,0 m siHkMr<br>5,0 m → ki tai ka<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br>2,0 - 3,0 m Ei hajuja<br>4,0 - 5,0 m Ei hajuja |  |
| PP5<br>Avo-<br>louhok-<br>sen poh-<br>joispuoli | Pp +268,29<br>Mp +267,59<br>W +267,59<br>Pk +263,69<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 4,0 m | 0,0 - 0,5 m turve<br>0,5 - 2,0 m siHkMr<br>2,0 - 4,2 m SiMr<br>4,2 m → ki tai ka                                                                                                                                                 |  |
| PP6<br>Avo-<br>louhok-<br>sen poh-<br>joispuoli | Pp +263,70<br>Mp +262,16<br>W +262,15<br>Pk +255,1<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 7,6 m  | 0,0 - 0,7 m turve<br>0,7 - 1,5 m Si<br>1,5 - 6,5 m SiMr<br>6,5 - 8,0 m HSr<br>8,0 - 8,6 m siHkMr<br>8,6 m → ki tai ka                                                                                                            |  |
| PP7<br>Avo-<br>louhok-<br>sen poh-<br>joispuoli | Pp +257,13<br>Mp +255,93<br>W +255,94<br>Pk +248,63<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 7,5 m | 0,0 - 3,0 m turve<br>3,0 - 7,8 m siHkMr<br>7,8 m → ki tai ka                                                                                                                                                                     |  |
| PP8<br>Sivuki-<br>vialueen<br>pohjois-<br>puoli | Pp +254,99<br>Mp +253,59<br>W +253,76<br>Pk +249,99<br><br>- tehdasvalmisteinen muo-<br>viputki<br>- sisä Ø 50 mm<br>- siiviläosa 3,5 m | 0,0 - 0,7 m turve<br>0,7 - 1,5 m siHkMr (+ ki)<br>1,5 - 4,0 m SiMr<br>4,0 m → ki tai ka                                                                                                                                          |  |

| Piste                                                                                     | Korkeustiedot, m (N60)                                                                                                                | Maaperän kerrosjärjestys ja otetut maanäytteet                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| PP9<br>Sivuki-<br>vialueen<br>suunni-<br>teltu laa-<br>jen-<br>nusosa                     | Pp +269,19<br>Mp +268,59<br>W +267,99<br>Pk +262,94<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m         | 0,0 - 0,2 m Hm<br>0,2 - 7,2 m siHkMr                           |
| PP10<br>Suoalue,<br>selkey-<br>tys-<br>/rikastus<br>hiekk-<br>altaan<br>laajen-<br>nusosa | Pp +256,67<br>Mp +255,82<br>W +255,42 (jässä)<br>Pk +253,07<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m | 0,0 - 0,4 m turve<br>0,4 - 3,0 m (si)HkMr                      |
| PP11<br>Rikas-<br>tushiek-<br>ka-altaan<br>itäpuoli                                       | Pp +271,63<br>Mp +270,80<br>W +269,23<br>Pk +265,38<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m         | 0,0 - 0,1 m Hm<br>0,1 - 3,0 m siHkMr<br>3,0 - 5,7 m SiMr       |
| PP12<br>Rikas-<br>tushiek-<br>ka-altaan<br>pohjois-<br>puoli                              | Pp +261,42<br>Mp +260,49<br>W +261,42<br>Pk +256,42<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m         | 0,0 - 1,5 m siHkMr<br>1,5 - 4,3 m SiMr                         |
| PP13<br>Suunni-<br>teltu<br>"ongel-<br>masak-<br>ka-<br>altaan"<br>paikka                 | Pp +281,06<br>Mp +280,17<br>W +278,76<br>Pk +277,36<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m         | 0,0 - 0,1 m turve<br>0,1 - 3,0 m (si)HkMr<br>3,0 m → ki tai ka |

| Piste                                     | Korkeustiedot, m (N60)                                                                                                        | Maaperän kerrosjärjestys ja otetut maanäytteet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| PP14/L3<br>Rikas-<br>tushiek-<br>kakenttä | Pp +270,89<br>Mp +270,04<br>W +269,93<br>Pk +265,89<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m | 0,0 - 6,0 m rikastushiekka<br>6,0 - 7,0 m turve<br>7,0 - 7,5 m siHkMr<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br>2,0 - 3,0 m Ei hajuja<br><br>Lisänäytteet (L3): 1,0 m rikastushiekka<br>2,0 m rikastushiekka<br>3,0 m rikastushiekka<br>4,0 m rikastushiekka<br>5,0 m rikastushiekka<br>6,0 m turve<br>7,5 m siHkMr, pohjamaa |                    |
| PP15<br>Rikas-<br>tushiek-<br>kakenttä    | Pp +270,66<br>Mp +269,60<br>W +269,02<br>Pk +267,36<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m | 0,0 - 2,1 m rikastushiekka<br>2,1 - 2,6 m turve<br>2,6 - 3,0 m siHkMr<br>3,0 m → ki tai ka<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br><br>Lisänäytteet: 1,0 m rikastushiekka<br>2,0 m siHkMr, pohjamaa<br>3,0 m siHkMr, pohjamaa                                                                                               |                    |
| PP16/L4<br>Rikas-<br>tushiek-<br>kakenttä | Pp +275,40<br>Mp +274,30<br>W +274,10<br>Pk +270,40<br><br>- muoviputki ("sähkömies")<br>- sisä Ø 45 mm<br>- siiviläosa 2,0 m | 0,0 - 5,5 m rikastushiekka<br>5,5 - 6,7 m turve<br>6,7 - 7,5 m siHkMr<br><br>Maanäytteet: 0,0 - 0,5 m Ei hajuja<br>0,5 - 1,0 m Ei hajuja<br>1,0 - 1,5 m Ei hajuja<br>1,5 - 2,0 m Ei hajuja<br><br>Lisänäytteet (L4): 1,0 m rikastushiekka<br>2,0 m rikastushiekka<br>3,0 m rikastushiekka<br>4,0 m rikastushiekka<br>5,0 m rikastushiekka<br>7,0 m siHkMr, pohjamaa                                         |                    |
| L2<br>Sivuki-<br>vialue                   | Mp +280,86                                                                                                                    | Lisänäytteet (L2):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | sivukivi (kokooma) |

**ANALYYSITULOKSET**

Pöyry Environment Oy

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu

## TESTAUSSELOSTE

Näytteiden lkm. : 1  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja :  
Näyte otettu :  
Näyte saapui : 16.03.2009  
Tutk. aloitettu : 16.03.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivoshanke, YVA

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**001. Rikastushiekka**  
**Rikastushiekka**

Analyyssityyppi  
Lisätiedot

**CEN TS 14405, L/S2 Laaja**

| Mittausuure            | Yksikkö               | Analyytitulos |
|------------------------|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al (L/S2)    | mg / kg kuiva-ainetta | 0,48          |
| Arseeni, As (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,03         |
| Boori, B (L/S 2)       | mg / kg kuiva-ainetta | <0,04         |
| Barium, Ba (L/S 2)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Berylli, Be (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Kalsium, Ca (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | 24,7          |
| Kadmium, Cd (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,003        |
| Koboltti, Co (L/S 2)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Kromi, Cr (L/S 2)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,02         |
| Kupari, Cu (L/S 2)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,02         |
| Rauta, Fe (L/S 2)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,045        |
| Kalium, K (L/S 2)      | mg / kg kuiva-ainetta | 6,27          |
| Magnesium, Mg (L/S 2)  | mg / kg kuiva-ainetta | 2,75          |
| Mangaani, Mn (L/S 2)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Molybdeeni, Mo (L/S 2) | mg / kg kuiva-ainetta | <0,028        |
| Natrium, Na (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | 7,48          |
| Fosfori, P (L/S 2)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,2          |
| Nikkeli, Ni (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Lyijy, Pb (L/S 2)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,03         |
| Rikki, S (L/S 2)       | mg / kg kuiva-ainetta | 8,86          |
| Antimoni, Sb (L/S 2)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |
| Seleen, Se (L/S 2)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,01         |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 4.05.2009  
Työ nro 62639  
As.nro 21836

|                         |                       |        |
|-------------------------|-----------------------|--------|
| Tina, Sn (L/S 2)        | mg / kg kuiva-ainetta | <0,03  |
| Titaani, Ti (L/S 2)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,03  |
| Vanadiini, V (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | 0,063  |
| Sinkki, Zn (L/S 2)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,02  |
| Elohopea, Hg (L/S 2)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,001 |
| Fluoridi (L/S 2)        | mg / kg kuiva-ainetta | <1     |
| Kloridi (L/S 2)         | mg / kg kuiva-ainetta | <10    |
| Sulfaatti (L/S 2)       | mg / kg kuiva-ainetta | <10    |
| DOC (L/S 2)             | mg / kg kuiva-ainetta | 3,4    |
| Uutteen pH              | ---                   | 7,7    |
| Uutteen sähkönjohtokyky | mS / m                | 9,83   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**002. Rikastushiekka**  
**Rikastushiekka**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**CEN TS 14405, L/S 10 kum. Laaja**

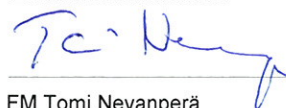
| Mittausuure                 | Yksikkö               | Analyytitulos |
|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al (L/S 10 kum.)  | mg / kg kuiva-ainetta | 3,78          |
| Arseeni, As (L/S10 kum.)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,15         |
| Boori, B (L/S 10 kum.)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,2          |
| Barium, Ba (L/S10 kum.)     | mg / kg kuiva-ainetta | 0,060         |
| Berylli, Be (L/S 10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Kalsium, Ca (L/S 10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | 135           |
| Kadmium, Cd (L/S10 kum.)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,015        |
| Koboltti, Co (L/S10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Kromi, Cr (L/S10 kum.)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,1          |
| Kupari, Cu (L/S10 kum.)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,1          |
| Rauta, Fe (L/S 10 kum.)     | mg / kg kuiva-ainetta | 0,13          |
| Kalium, K (L/S 10 kum.)     | mg / kg kuiva-ainetta | 23,7          |
| Magnesium, Mg (L/S 10 kum.) | mg / kg kuiva-ainetta | 9,28          |
| Mangaani, Mn (L/S 10 kum.)  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Molybdeeni, Mo(L/S10 kum.)  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Natrium, Na (L/S 10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | 23,2          |
| Fosfori, P ( L/S 10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Nikkeli, Ni (L/S10 kum.)    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Lyijy, Pb (L/S10 kum.)      | mg / kg kuiva-ainetta | <0,15         |
| Rikki, S (L/S 10 kum.)      | mg / kg kuiva-ainetta | 24,4          |
| Antimoni, Sb (L/S10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Seleen, Se (L/S10 kum.)     | mg / kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Tina, Sn (L/S10 kum.)       | mg / kg kuiva-ainetta | <0,15         |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 4.05.2009  
Työ nro 62639  
As.nro 21836

|                           |                       |        |
|---------------------------|-----------------------|--------|
| Titaani, Ti (L/S 10 kum.) | mg / kg kuiva-ainetta | <0,15  |
| Vanadiini, V (L/S10 kum.) | mg / kg kuiva-ainetta | 0,15   |
| Sinkki, Zn (L/S10 kum.)   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,1   |
| Elohopea, Hg (L/S10 kum.) | mg / kg kuiva-ainetta | <0,005 |
| Fluoridi, (L/S10 kum.)    | mg / kg kuiva-ainetta | <5     |
| Kloridi (L/S10 kum.)      | mg / kg kuiva-ainetta | <50    |
| Sulfaatti (L/S10 kum.)    | mg / kg kuiva-ainetta | <50    |
| DOC (L/S10 kum.)          | mg / kg kuiva-ainetta | <10    |
| Uutteen pH                | ---                   | 8,1    |
| Uutteen sähkönjohtokyky   | mS / m                | 9,03   |

Tekninen vastuuhenkilö



FM Tomi Nevanperä

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pöyry Environment Oy

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu**TESTAUSSELOSTE**

Näytteiden lkm. : 1  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja :  
Näyte otettu :  
Näyte saapui : 16.03.2009  
Tutk. aloitettu : 16.03.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivoshanke, YVA

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi**001. Rikastushiekka**  
**Rikastushiekka**Analyyesityyppi  
Lisätiedot**SFS-EN 12457-3 (L/S 2) laaja**

| Mittausuure         | Yksikkö             | Analyyisitulos |
|---------------------|---------------------|----------------|
| Alumiini, Al (A2)   | mg/kg kuiva-ainetta | 2,76           |
| Arseeni, As (A2)    | mg/kg kuiva-ainetta | <0,03          |
| Boori, B (A2)       | mg/kg kuiva-ainetta | <0,04          |
| Barium, Ba (A2)     | mg/kg kuiva-ainetta | 0,022          |
| Beryllium, Be (A2)  | mg/kg kuiva-ainetta | <0,01          |
| Kalsium, Ca (A2)    | mg/kg kuiva-ainetta | 30,1           |
| Kadmium, Cd (A2)    | mg/kg kuiva-ainetta | <0,003         |
| Koboltti, Co (A2)   | mg/kg kuiva-ainetta | <0,01          |
| Kromi, Cr (A2)      | mg/kg kuiva-ainetta | <0,02          |
| Kupari, Cu (A2)     | mg/kg kuiva-ainetta | 0,077          |
| Rauta, Fe (A2)      | mg/kg kuiva-ainetta | 6,84           |
| Kalium, K (A2)      | mg/kg kuiva-ainetta | 11,7           |
| Magnesium, Mg (A2)  | mg/kg kuiva-ainetta | 9,60           |
| Mangaani, Mn (A2)   | mg/kg kuiva-ainetta | 0,085          |
| Molybdeeni, Mo (A2) | mg/kg kuiva-ainetta | 0,10           |
| Natrium, Na (A2)    | mg/kg kuiva-ainetta | 24,1           |
| Fosfori, P (A2)     | mg/kg kuiva-ainetta | <0,2           |
| Nikkeli, Ni (A2)    | mg/kg kuiva-ainetta | 0,023          |
| Lyijy, Pb (A2)      | mg/kg kuiva-ainetta | <0,03          |
| Rikki, S (A2)       | mg/kg kuiva-ainetta | 28,0           |
| Antimoni, Sb (A2)   | mg/kg kuiva-ainetta | 0,017          |
| Seleen, Se (A2)     | mg/kg kuiva-ainetta | <0,01          |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|                                 |                     |        |
|---------------------------------|---------------------|--------|
| Tina, Sn (A2)                   | mg/kg kuiva-ainetta | <0,03  |
| Titaani, Ti (A2)                | mg/kg kuiva-ainetta | 1,02   |
| Vanadiini, V (A2)               | mg/kg kuiva-ainetta | 0,12   |
| Sinkki, Zn (A2)                 | mg/kg kuiva-ainetta | 0,024  |
| Elohopea, Hg (A2)               | mg/kg kuiva-ainetta | <0,001 |
| Fluoridi, F (A2)                | mg/kg kuiva-ainetta | <1     |
| Kloridi, Cl (A2)                | mg/kg kuiva-ainetta | <10    |
| Sulfaatti, SO <sub>4</sub> (A2) | mg/kg kuiva-ainetta | 71,1   |
| DOC (A2)                        | mg/kg kuiva-ainetta | 5,4    |
| Uutteen pH                      | ---                 | 7,5    |
| Uutteen sähkönjohtokyky         | mS / m              | 17,7   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**002. Rikastushiekka**  
**Rikastushiekka**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**SFS-EN 12457-3 (L/S 10) laaja**

| Mittaus suure          | Yksikkö             | Analyytitulos |
|------------------------|---------------------|---------------|
| Alumiini, Al (A2-10)   | mg/kg kuiva-ainetta | 6,91          |
| Arseeni, As (A2-10)    | mg/kg kuiva-ainetta | <0,15         |
| Boori, B (A2-10)       | mg/kg kuiva-ainetta | <0,2          |
| Barium, Ba (A2-10)     | mg/kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Beryllium, Be (A2-10)  | mg/kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Kalsium, Ca (A2-10)    | mg/kg kuiva-ainetta | 83,4          |
| Kadmium, Cd (A2-10)    | mg/kg kuiva-ainetta | <0,015        |
| Koboltti, Co (A2-10)   | mg/kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Kromi, Cr (A2-10)      | mg/kg kuiva-ainetta | <0,1          |
| Kupari, Cu (A2-10)     | mg/kg kuiva-ainetta | 0,20          |
| Rauta, Fe (A2-10)      | mg/kg kuiva-ainetta | 13,6          |
| Kalium, K (A2-10)      | mg/kg kuiva-ainetta | 38,1          |
| Magnesium, Mg (A2-10)  | mg/kg kuiva-ainetta | 18,8          |
| Mangaani, Mn (A2-10)   | mg/kg kuiva-ainetta | 0,20          |
| Molybdeeni, Mo (A2-10) | mg/kg kuiva-ainetta | 0,12          |
| Natrium, Na (A2-10)    | mg/kg kuiva-ainetta | 37,4          |
| Fosfori, P (A2-10)     | mg/kg kuiva-ainetta | <1            |
| Nikkeli, Ni (A2-10)    | mg/kg kuiva-ainetta | <0,1          |
| Lyijy, Pb (A2-10)      | mg/kg kuiva-ainetta | <0,15         |
| Rikki, S (A2-10)       | mg/kg kuiva-ainetta | 34,5          |
| Antimoni, Sb (A2-10)   | mg/kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Seleen, Se (A2-10)     | mg/kg kuiva-ainetta | <0,05         |
| Tina, Sn (A2-10)       | mg/kg kuiva-ainetta | <0,15         |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|                                    |                     |        |
|------------------------------------|---------------------|--------|
| Titaani, Ti (A2-10)                | mg/kg kuiva-ainetta | 3,05   |
| Vanadiini, V (A2-10)               | mg/kg kuiva-ainetta | 0,54   |
| Sinkki, Zn (A2-10)                 | mg/kg kuiva-ainetta | <0,1   |
| Elohopea, Hg (A2-10)               | mg/kg kuiva-ainetta | <0,005 |
| Fluoridi, F (A2-10)                | mg/kg kuiva-ainetta | <5     |
| Kloridi, Cl (A2-10)                | mg/kg kuiva-ainetta | <50    |
| Sulfaatti, SO <sub>4</sub> (A2-10) | mg/kg kuiva-ainetta | 85,9   |
| DOC (A2-10)                        | mg/kg kuiva-ainetta | 14,4   |
| Uutteen pH                         | ---                 | 7,7    |
| Uutteen sähkönjohtokyky            | mS / m              | 6,3    |

Tekninen vastuhenkilö



FM Ilkka Välimäki

Pöyry Environment Oy

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu**TESTAUSSELOSTE**

Näytteiden lkm. : 1  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja :  
Näyte otettu :  
Näyte saapui : 16.03.2009  
Tutk. aloitettu : 16.03.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivoshanke, YVA

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi**001. suodosvesi**  
**Vesi**Analyysityyppi  
Lisätiedot**Hg (I) Laaja ICP (Vesi) pH ja johtokyky**  
**Non-Mags3-jätteen suodosvesi**

| Mittausuure    | Yksikkö | Analyytitulos |
|----------------|---------|---------------|
| pH             | --      | 7,6           |
| Johtokyky      | µS / cm | 424           |
| Alumiini, Al   | mg / l  | 4,44          |
| Arseeni, As    | mg / l  | <0,015        |
| Boori, B       | mg / l  | 0,027         |
| Barium, Ba     | mg / l  | 0,029         |
| Beryllium, Be  | mg / l  | <0,005        |
| Kalsium, Ca    | mg / l  | 33,5          |
| Kadmium, Cd    | mg / l  | <0,002        |
| Koboltti, Co   | mg / l  | <0,003        |
| Kupari, Cu     | mg / l  | <0,01         |
| Kromi, Cr      | mg / l  | 0,013         |
| Rauta, Fe      | mg / l  | <0,015        |
| Kalium, K      | mg / l  | 15,3          |
| Magnesium, Mg  | mg / l  | 0,027         |
| Mangaani, Mn   | mg / l  | <0,005        |
| Molybdeeni, Mo | mg / l  | 0,017         |
| Natrium, Na    | mg / l  | 7,75          |
| Nikkeli, Ni    | mg / l  | <0,005        |
| Fosfori, P     | mg / l  | <0,1          |
| Lyijy, Pb      | mg / l  | <0,015        |
| Rikki, S       | mg / l  | 6,61          |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|              |        |        |
|--------------|--------|--------|
| Antimoni, Sb | mg / l | <0,015 |
| Seleen, Se   | mg / l | <0,02  |
| Tina, Sn     | mg / l | <0,015 |
| Titaani, Ti  | mg / l | <0,015 |
| Vanadiini, V | mg / l | <0,01  |
| Elohopea, Hg | µg / l | <0,2   |
| Sinkki, Zn   | mg / l | <0,01  |

Tekninen vastuhenkilö

  
FM Ilkka Välimäki

## TUTKIMUSMENETELMÄT

| Mittaussuure   | Menetelmä      | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus                        |
|----------------|----------------|----------------|------------------------------------------|
| Alumiini, Al   | SYP600:ICP-OES | 0,03 mg / l    | ±25%(<0,1)±16%(0,1-1)±12%(1-200)         |
| Arseeni, As    | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l   | ±25%(<0,05)±15%(0,05-0,2)±12%(0,2-5)     |
| Boori, B       | SYP600:ICP-OES | 0,02 mg / l    | ±25%(<0,05)±15%(0,05-0,2)±12%(0,2-2,5)   |
| Barium, Ba     | SYP600:ICP-OES | 0,005 mg / l   | ±25%(<0,025)±17%(0,025-0,2)±12%(0,2-20)  |
| Beryllium, Be  | SYP600:ICP-OES | 0,005 mg / l   | ±22%(<0,01),±13%(0,01-0,1) ±9%(0,1-2,5)  |
| Kalsium, Ca    | SYP600:ICP-OES | 0,05 mg / l    | ±20%(<1)±15%(1-5)±10%(5-200)             |
| Kadmium, Cd    | SYP600:ICP-OES | 0,002 mg / l   | ±24%(<0,01)±15%(0,01-0,1)±11%(0,1-5)     |
| Koboltti, Co   | SYP600:ICP-OES | 0,003 mg / l   | ±25%(<0,02)±15%(0,02-0,1)±10%(0,1-5)     |
| Kromi, Cr      | SYP600:ICP-OES | 0,01 mg / l    | ±23%(<0,05),±15%(0,05-0,2) ±10%(0,2-10)  |
| Kupari, Cu     | SYP600:ICP-OES | 0,01 mg / l    | ±22%(<0,05)±13%(0,05-0,2)±9%(0,2-10)     |
| Rauta, Fe      | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l   | ±25%(<0,1)±13%(0,1-2)±10%(2-200)         |
| Elohopea, Hg   | CVAAS          | 0,2 µg / l     | ±25%(0,2-1),±15%(1-20)                   |
| Johtokyky      |                |                |                                          |
| Kalium, K      | SYP600:ICP-OES | 1,0 mg / l     | ±25%(<5)±15%(5-20)±11%(20-200)           |
| Magnesium, Mg  | SYP600:ICP-OES | 0,025 mg / l   | ±25%(<0,5)±15%(0,5-2)±10%(2-100)         |
| Mangaani, Mn   | SYP600:ICP-OES | 0,005 mg / l   | ±25%(<0,05)±13%(0,05-0,2)±8%(0,2-20)     |
| Molybdeeni, Mo | SYP600:ICP-OES | 0,005 mg / l   | ±25%(<0,025)±16%(0,025-0,1)±10%(0,1-2,5) |
| pH             |                |                |                                          |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 22.04.2009  
Työ nro 62678  
As.nro 21836

|              |                |              |                                         |
|--------------|----------------|--------------|-----------------------------------------|
| Natrium, Na  | SYP600:ICP-OES | 0,25 mg / l  | ±20%(<5)±12%(5-100)                     |
| Nikkeli, Ni  | SYP600:ICP-OES | 0,005 mg / l | ±25%(<0,025)±15%(0,025-0,2) ±10%(0,2-5) |
| Fosfori, P   | SYP600:ICP-OES | 0,1 mg / l   | ±25%(<1)±15%(1-200)                     |
| Lyijy, Pb    | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l | ±25%(<0,1)±15%(0,1-0,5) ±10%(0,5-20)    |
| Rikki, S     | SYP600:ICP-OES | 0,25 mg / l  | ±20%(<1)±15%(1-10)±10%(10-100)          |
| Antimoni, Sb | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l | ±25%(<0,05)±15%(0,05-0,2)±12%(0,2-5)    |
| Seleen, Se   | SYP600:ICP-OES | 0,02 mg / l  | ±25%(<0,1)±15%(0,1-0,5)±12%(0,5-2,5)    |
| Tina, Sn     | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l | ±20%(<0,1)±13%(0,1-2,5)                 |
| Titaani, Ti  | SYP600:ICP-OES | 0,015 mg / l | ±30%(<0,1)±15%(0,1-50)                  |
| Vanadiini, V | SYP600:ICP-OES | 0,01 mg / l  | ±20%(<0,05)±13%(0,05-0,2)±10%(0,2-10)   |
| Sinkki, Zn   | SYP600:ICP-OES | 0,01 mg / l  | ±22%(<0,1)±15%(0,1-1)±11%(1-20)         |

Huom ! Mittausepävarm. = Laajennettu mittausepävarmuus (U=2u). Epävarmuusarvioissa pitoisuusalueet ovat sulkeissa määritysrajasarakkeessa ilmoitetussa pitoisuusyksikössä. Tarkemmat menetelmäkuvaukset saa pyydettäessä laboratoriolta.

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pöyry Environment Oy

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu

## TESTAUSSELOSTE

Näytteiden lkm. : 1  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja :  
Näyte otettu :  
Näyte saapui : 16.03.2009  
Tutk. aloitettu : 16.03.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivosahanke, YVA

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

001.Rikastushiekka  
Rikastushiekka (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Hehkutushäviö (550) Hg (k) Kosteus% Laaja a

| Mittaussuure              | Yksikkö               | Analyytitulos |
|---------------------------|-----------------------|---------------|
| Hehkutushäviö (550 °C)    | % -kuiva-aineesta     | <0,1          |
| Kosteuspitoisuus (105 °C) | %                     | 20,8          |
| Alumiini, Al *            | mg / kg kuiva-ainetta | 15500         |
| Arseeni, As *             | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B                  | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba                | mg / kg kuiva-ainetta | 77            |
| Beryllium, Be             | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca               | mg / kg kuiva-ainetta | 17800         |
| Kadmium, Cd *             | mg / kg kuiva-ainetta | 0,3           |
| Koboltti, Co *            | mg / kg kuiva-ainetta | 46            |
| Kromi, Cr *               | mg / kg kuiva-ainetta | 17            |
| Kupari, Cu *              | mg / kg kuiva-ainetta | 850           |
| Rauta, Fe *               | mg / kg kuiva-ainetta | 46600         |
| Kalium, K                 | mg / kg kuiva-ainetta | 1740          |
| Magnesium, Mg             | mg / kg kuiva-ainetta | 7780          |
| Mangaani, Mn *            | mg / kg kuiva-ainetta | 510           |
| Molybdeeni, Mo            | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na               | mg / kg kuiva-ainetta | 690           |
| Nikkeli, Ni *             | mg / kg kuiva-ainetta | 98            |
| Elohopea, Hg              | mg / kg kuiva-ainetta | <0,03         |
| Fosfori, P                | mg / kg kuiva-ainetta | <10           |
| Lyijy, Pb *               | mg / kg kuiva-ainetta | 11            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|                |                       |      |
|----------------|-----------------------|------|
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 830  |
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 3230 |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 450  |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 77   |
| TOC            | g / kg kuiva-ainetta  | <1   |

Suomen Ympäristöpalvelu Oy on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima (FINAS-akkreditoitu) testauslaboratorio T231. Tähdellä merkityt testit sisältyvät akkreditoituun pätevyysalueeseen.

Tekninen vastuuhenkilö



FM Ilkka Välimäki

## TUTKIMUSMENETELMÄT

| Mittaussuure           | Menetelmä                                         | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus                          |
|------------------------|---------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|
| Alumiini, Al           | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 200 mg/kg      | ±30%(200-), ±25%(1000-) ±20%(20000-40000)  |
| Arseeni, As            | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg        | ±30%(3-10), ±20 % (10-200)                 |
| Boori, B               | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg        | ±50%(4-20)                                 |
| Barium, Ba             | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg        | ±30%(2-10), ±20 % (10-200), ±15%(200-4000) |
| Beryllium, Be          | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 0,5 mg/kg      | ±40%(0,5-2), ±20%(2-10)                    |
| Kalsium, Ca            | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 50 mg/kg       | ±30%(<4000), ±18%(4000-10000), ±13(>10000) |
| Kadmium, Cd            | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 0,3 mg/kg      | ±35%(0,3-1), ±20%(1-10), ±10%(10-20)       |
| Koboltti, Co           | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg        | ±35%(1-3), ±20%(3-10), ±15%(10-1000)       |
| Kromi, Cr              | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg        | ±40%(2-5), ±30%(5-20), ±22%(20-2000)       |
| Kupari, Cu             | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg       | ±25%(10-50), ±15%(50-2000)                 |
| Rauta, Fe              | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 30 mg/kg       | ±50%(30-100), ±25%(100-40000)              |
| Hehkutushäviö (550 °C) | SFS-EN 12879                                      | 0,5 %          |                                            |
| Elohopea, Hg           | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, CVAAS   | 0,03 mg/kg     | ± 20 %                                     |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

| Kosteuspitoisuus (105 °C) | ISO 11465:1993                                    | 0,5 %     |                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| Kalium, K                 | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 100 mg/kg | ±40%(100-200), ±30%(20-40000)             |
| Magnesium, Mg             | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 20 mg/kg  | ±30%(20-100), ±20%(100-20000)             |
| Mangaani, Mn              | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 6 mg/kg   | ±30%(6-100), ±25%(100-500), ±15%(>500)    |
| Molybdeeni, Mo            | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg   | ±65%(1-2), ±25%(2-20), ±20%(20-500)       |
| Natrium, Na               | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 30 mg/kg  | ±30%(30-200), ±25%(200-1000), ±20%(>1000) |
| Nikkeli, Ni               | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg   | ±45%(1-5), ±25%(5-20), ±20%(20-1000)      |
| Fosfori, P                | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg  | ±20%(100-3000), ±15%(3000-30000)          |
| Lyijy, Pb                 | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg   | ±40%(3-10), ±20%(10-400), ±15%(400-4000)  |
| Rikki, S                  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg  | ±25%(50-500), ±20%(500-2000), ±15%(>2000) |
| Antimoni, Sb              | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg   | ±45%(4-6), ±25%(6-50), ±15%(50-200)       |
| Seleen, Se                | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg   | ±60%(4-5), ±30%(5-30)                     |
| Tina, Sn                  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg   | ±45%(2-10), ±20%(10-100)                  |
| Titaani, Ti               | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 5 mg/kg   | ±40%(50-2000)                             |
| TOC                       | Alihankinta, SFS-EN 13137                         | 1 g / kg  |                                           |
| Vanadiini, V              | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg   | ±50%(1-5), ±25 % (5-40), ±20% (40-300)    |
| Sinkki, Zn                | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg   | ±30%(3-30), ±20%(30-200), ±15%(200-4000)  |

Huom ! Mittausepävarm. = Laajennettu mittausepävarmuus (U=2u). Epävarmuusarvioissa pitoisuusalueet ovat sulkeissa määritysrajasarakkeessa ilmoitetussa pitoisuusyksikössä. Tarkemmat menetelmäkuvaukset saa pyydettäessä laboratoriolta.

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pöyry Environment Oy/  
Adriana Resources Inc.  
Tuomela Pekka  
PL 20, Tutkijantie 2 A  
90571 OULU

08.07.2009 14:48:38  
Kuopio



### ANALYYSITULOKSIA

TILAUSNUMERO: 214055 VIITE: Tuomela 9M707012.BOR01

KOHDE: Mustavaaran kaivoshanke, YVA

NÄYTETYYPPI: Pala / rikastushiekka NÄYTTEITÄ: 2

| MENETELMÄKOODI | NÄYTTEITÄ |
|----------------|-----------|
| 10             | 2         |
| 30             | 1         |
| 50             | 2         |
| + 810L         | 2         |
| + 811L         | 2         |
| 816L           | 2         |
| 827T           | 2         |

Labtium Oy



Lea Hämäläinen  
Laboratoriopäällikkö

---

Labtium Oy

Labtium Oy

PL 57  
02151 ESPOO  
Puh. 01065 38000  
Fax 01065 38289

PL 1500  
70211 KUOPIO  
Puh. 01065 38000  
Fax 01065 38489

**MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET**

Tilausnumero: 214055  
Raportointipäivä: 08.07.2009 14:48:38

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.  
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 26.06.2009 - 08.07.2009

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ  
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

- 10 Näytteen kuivaus 70°C:ssa
- 30 Murskaus leukamurskaimella, leuat Mn-terästä
- 50 Jauhatus teräsastiassa kiekkomyllyllä (max. 4 kg)
- + 810L S:n määrittäminen rikkianalysaattorilla
- + 811L C:n määrittäminen hiilianalysaattorilla
- 816L C karb ja C ei karb määrittäminen hiilianalysaattorilla
- 827T Neutralisaatiopotentiaalin (NP) määrittäminen, (Lawrence and Wang, 1997)

| Laboratorion<br>näytetunnus | Tilaajan<br>näytetunnus | S<br>%<br>+ 810L | C<br>%<br>+ 811L | C ei karb<br>%<br>816L | C karb<br>%<br>816L | NP<br>kg CaCO <sub>3</sub> /t<br>827T |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| L09062511                   | Sivukivipala            | 0.04             | 0.06             | 0.06                   | <0.05               | 7.53                                  |
| L09062511U                  | Sivukivipala            | 0.04             | <0.05            | 0.06                   |                     | 7.49                                  |
| L09062512                   | Rikastushiekka          | 0.12             | 0.23             | 0.09                   | 0.14                | 9.50                                  |
| L09062512U                  | Rikastushiekka          | 0.12             | 0.13             | 0.08                   | <0.05               |                                       |

| Laadunvalvonta-<br>näytteen<br>tunnus | S           | C           |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
|                                       | %<br>810L-K | %<br>811L-K |
| QC308B                                | 0.022       | -           |
| QCGS905-2                             | 0.504       | -           |
| QC308B                                | -           | 2.99        |
| QCGS905-2                             | -           | 0.171       |

Pöyry Environment Oy

KOPIO 18.02.2009

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu

## TESTAUSSELOSTE

Näytteiden lkm. : 11  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja : Lähdetniemi Harri  
Näyte otettu : 09.10.2008  
Näyte saapui : 05.02.2009  
Tutk. aloitettu : 05.02.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivoshanke, YVA

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

001. PP1 (L1) 1,0m  
Pellettimurske

Analyyssityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittausuure    | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al   | mg / kg kuiva-ainetta | 6750          |
| Arseeni, As    | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     | mg / kg kuiva-ainetta | 13            |
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 4290          |
| Kadmium, Cd    | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co   | mg / kg kuiva-ainetta | 23            |
| Kromi, Cr      | mg / kg kuiva-ainetta | 17            |
| Kupari, Cu     | mg / kg kuiva-ainetta | 17            |
| Rauta, Fe      | mg / kg kuiva-ainetta | 134000        |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 150           |
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 620           |
| Mangaani, Mn   | mg / kg kuiva-ainetta | 360           |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 6750          |
| Nikkeli, Ni    | mg / kg kuiva-ainetta | 39            |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | <10           |
| Lyijy, Pb      | mg / kg kuiva-ainetta | 6             |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 350           |
| Antimoni, Sb   | mg / kg kuiva-ainetta | 6             |
| Seeleni, Se    | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|              |                       |      |
|--------------|-----------------------|------|
| Tina, Sn     | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti  | mg / kg kuiva-ainetta | 2470 |
| Vanadiini, V | mg / kg kuiva-ainetta | 270  |
| Sinkki, Zn   | mg / kg kuiva-ainetta | 22   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

002. PP2 3,5-4,0m  
Maa (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Laaaja alkuaeineanalyysi

| Mittaus suure  | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al * | mg / kg kuiva-ainetta | 7640          |
| Arseeni, As *  | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     | mg / kg kuiva-ainetta | 32            |
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 5060          |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 11            |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 14            |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 77            |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 21800         |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 1130          |
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 2820          |
| Mangaani, Mn * | mg / kg kuiva-ainetta | 130           |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 380           |
| Nikkeli, Ni *  | mg / kg kuiva-ainetta | 16            |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | 230           |
| Lyijy, Pb *    | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 250           |
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2            |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 1350          |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 350           |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 20            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**003. PP3 0-0,5m**  
**Maa (a)**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittaussuure   |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 14800         |
| Arseeni, As    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 39            |
| Beryllium, Be  |   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 13800         |
| Kadmium, Cd    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 0,4           |
| Koboltti, Co   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 44            |
| Kromi, Cr      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 9             |
| Kupari, Cu     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 520           |
| Rauta, Fe      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 109000        |
| Kalium, K      |   | mg / kg kuiva-ainetta | 1010          |
| Magnesium, Mg  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 6550          |
| Mangaani, Mn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 260           |
| Molybdeeni, Mo |   | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 730           |
| Nikkeli, Ni    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 69            |
| Fosfori, P     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 110           |
| Lyijy, Pb      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 6             |
| Rikki, S       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 360           |
| Antimoni, Sb   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 4             |
| Seleen, Se     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Tina, Sn       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <2            |
| Titaani, Ti    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 2000          |
| Vanadiini, V   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 1370          |
| Sinkki, Zn     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 54            |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**004. PP4 0-0,5m**  
**Maa (a)**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittaussuure |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|--------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al | * | mg / kg kuiva-ainetta | 13500         |
| Arseeni, As  | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba   |   | mg / kg kuiva-ainetta | 27            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|                |                       |       |
|----------------|-----------------------|-------|
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5  |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 4040  |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3  |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 4     |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 22    |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 19    |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 17900 |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 860   |
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 1970  |
| Mangaani, Mn * | mg / kg kuiva-ainetta | 120   |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1    |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 170   |
| Nikkeli, Ni *  | mg / kg kuiva-ainetta | 8     |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | 270   |
| Lyijy, Pb *    | mg / kg kuiva-ainetta | 6     |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 170   |
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4    |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4    |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2    |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 1020  |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 110   |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 13    |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

005. PP14 (L3) 4,0m  
Maa (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Laaaja alkuaineanalyysi

| Mittaus suure  | Yksikkö               | Analyysitulos |
|----------------|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al * | mg / kg kuiva-ainetta | 25900         |
| Arseeni, As *  | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     | mg / kg kuiva-ainetta | 51            |
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 24500         |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 44            |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 13            |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 600           |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 54000         |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 1630          |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

|                |   |                       |      |
|----------------|---|-----------------------|------|
| Magnesium, Mg  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 9060 |
| Mangaani, Mn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 300  |
| Molybdeeni, Mo |   | mg / kg kuiva-ainetta | <1   |
| Natrium, Na    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 910  |
| Nikkeli, Ni    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 69   |
| Fosfori, P     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 67   |
| Lyijy, Pb      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 5    |
| Rikki, S       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 650  |
| Antimoni, Sb   | * | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Seleen, Se     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Tina, Sn       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 2050 |
| Vanadiini, V   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 630  |
| Sinkki, Zn     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 66   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

006. PP14 (L3) 6,0m  
Maa (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Laaja alkuaineanalyysi

| Mittausuure    |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 19500         |
| Arseeni, As    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 5             |
| Barium, Ba     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 44            |
| Beryllium, Be  |   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 16800         |
| Kadmium, Cd    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 38            |
| Kromi, Cr      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 9             |
| Kupari, Cu     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 550           |
| Rauta, Fe      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 49000         |
| Kalium, K      |   | mg / kg kuiva-ainetta | 1230          |
| Magnesium, Mg  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 7750          |
| Mangaani, Mn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 280           |
| Molybdeeni, Mo |   | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 800           |
| Nikkeli, Ni    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 57            |
| Fosfori, P     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 140           |
| Lyijy, Pb      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 4             |
| Rikki, S       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 890           |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|              |   |                       |      |
|--------------|---|-----------------------|------|
| Antimoni, Sb | * | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Seleen, Se   |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Tina, Sn     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 2270 |
| Vanadiini, V | * | mg / kg kuiva-ainetta | 580  |
| Sinkki, Zn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 54   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

007. PP14 (L3) 7,5m  
Maa (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Laaaja alkuaineanalyysi

| Mittausuure    |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 13700         |
| Arseeni, As    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 54            |
| Beryllium, Be  |   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 8220          |
| Kadmium, Cd    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 16            |
| Kromi, Cr      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 37            |
| Kupari, Cu     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 140           |
| Rauta, Fe      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 21400         |
| Kalium, K      |   | mg / kg kuiva-ainetta | 1710          |
| Magnesium, Mg  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 5850          |
| Mangaani, Mn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 190           |
| Molybdeeni, Mo |   | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 500           |
| Nikkeli, Ni    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 29            |
| Fosfori, P     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 260           |
| Lyijy, Pb      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 4             |
| Rikki, S       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 290           |
| Antimoni, Sb   | * | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Seleen, Se     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Tina, Sn       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <2            |
| Titaani, Ti    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 1670          |
| Vanadiini, V   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 160           |
| Sinkki, Zn     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 27            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**008. PP15 1,0m**  
**Maa (a)**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittaus suure  |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|----------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 12300         |
| Arseeni, As    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 22            |
| Beryllium, Be  |   | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5          |
| Kalsium, Ca    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 11400         |
| Kadmium, Cd    | * | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3          |
| Koboltti, Co   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 28            |
| Kromi, Cr      | * | mg / kg kuiva-ainetta | <2            |
| Kupari, Cu     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 580           |
| Rauta, Fe      | * | mg / kg kuiva-ainetta | 26000         |
| Kalium, K      |   | mg / kg kuiva-ainetta | 680           |
| Magnesium, Mg  |   | mg / kg kuiva-ainetta | 5240          |
| Mangaani, Mn   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 180           |
| Molybdeeni, Mo |   | mg / kg kuiva-ainetta | <1            |
| Natrium, Na    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 540           |
| Nikkeli, Ni    | * | mg / kg kuiva-ainetta | 40            |
| Fosfori, P     |   | mg / kg kuiva-ainetta | 120           |
| Lyijy, Pb      | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Rikki, S       |   | mg / kg kuiva-ainetta | 580           |
| Antimoni, Sb   | * | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Seleen, Se     |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Tina, Sn       |   | mg / kg kuiva-ainetta | <2            |
| Titaani, Ti    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 1640          |
| Vanadiini, V   | * | mg / kg kuiva-ainetta | 290           |
| Sinkki, Zn     | * | mg / kg kuiva-ainetta | 36            |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**009. PP15 2,0m**  
**Maa (a)**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittaus suure |   | Yksikkö               | Analyytitulos |
|---------------|---|-----------------------|---------------|
| Alumiini, Al  | * | mg / kg kuiva-ainetta | 27500         |
| Arseeni, As   | * | mg / kg kuiva-ainetta | <3            |
| Boori, B      |   | mg / kg kuiva-ainetta | <4            |
| Barium, Ba    |   | mg / kg kuiva-ainetta | 58            |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|                |                       |       |
|----------------|-----------------------|-------|
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5  |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 23600 |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | 0,3   |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 56    |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 18    |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 770   |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 54200 |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 1860  |
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 11900 |
| Mangaani, Mn * | mg / kg kuiva-ainetta | 490   |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1    |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 1290  |
| Nikkeli, Ni *  | mg / kg kuiva-ainetta | 83    |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | 68    |
| Lyijy, Pb *    | mg / kg kuiva-ainetta | 5     |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 900   |
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4    |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4    |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2    |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 2440  |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 520   |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 87    |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

**010. PP16(L4)0-0,5m**  
**Maa (a)**

Analyysityyppi  
Lisätiedot

**Laaja alkuaineanalyysi**

| Mittausuure    | Yksikkö               | Analyysitulokset |
|----------------|-----------------------|------------------|
| Alumiini, Al * | mg / kg kuiva-ainetta | 12100            |
| Arseeni, As *  | mg / kg kuiva-ainetta | <3               |
| Boori, B       | mg / kg kuiva-ainetta | <4               |
| Barium, Ba     | mg / kg kuiva-ainetta | 20               |
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5             |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 10400            |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3             |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 25               |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 3                |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 480              |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 22300            |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 700              |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|                |                       |      |
|----------------|-----------------------|------|
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 5140 |
| Mangaani, Mn * | mg / kg kuiva-ainetta | 190  |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1   |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 470  |
| Nikkeli, Ni *  | mg / kg kuiva-ainetta | 37   |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | 86   |
| Lyijy, Pb *    | mg / kg kuiva-ainetta | <3   |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 430  |
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 2560 |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 250  |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 34   |

Näytteen tunnus  
Näytetyyppi

011. PP16 (L4) 7,0m  
Maa (a)

Analyysityyppi  
Lisätiedot

Laaaja alkuaineanalyysi

| Mittausuure    | Yksikkö               | Analyysitulokset |
|----------------|-----------------------|------------------|
| Alumiini, Al * | mg / kg kuiva-ainetta | 12800            |
| Arseeni, As *  | mg / kg kuiva-ainetta | <3               |
| Boori, B       | mg / kg kuiva-ainetta | 5                |
| Barium, Ba     | mg / kg kuiva-ainetta | 52               |
| Beryllium, Be  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,5             |
| Kalsium, Ca    | mg / kg kuiva-ainetta | 7500             |
| Kadmium, Cd *  | mg / kg kuiva-ainetta | <0,3             |
| Koboltti, Co * | mg / kg kuiva-ainetta | 11               |
| Kromi, Cr *    | mg / kg kuiva-ainetta | 29               |
| Kupari, Cu *   | mg / kg kuiva-ainetta | 140              |
| Rauta, Fe *    | mg / kg kuiva-ainetta | 18200            |
| Kalium, K      | mg / kg kuiva-ainetta | 1780             |
| Magnesium, Mg  | mg / kg kuiva-ainetta | 4770             |
| Mangaani, Mn * | mg / kg kuiva-ainetta | 180              |
| Molybdeeni, Mo | mg / kg kuiva-ainetta | <1               |
| Natrium, Na    | mg / kg kuiva-ainetta | 440              |
| Nikkeli, Ni *  | mg / kg kuiva-ainetta | 20               |
| Fosfori, P     | mg / kg kuiva-ainetta | 270              |
| Lyijy, Pb *    | mg / kg kuiva-ainetta | 3                |
| Rikki, S       | mg / kg kuiva-ainetta | 200              |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|                |                       |      |
|----------------|-----------------------|------|
| Antimoni, Sb * | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Seleen, Se     | mg / kg kuiva-ainetta | <4   |
| Tina, Sn       | mg / kg kuiva-ainetta | <2   |
| Titaani, Ti    | mg / kg kuiva-ainetta | 1330 |
| Vanadiini, V * | mg / kg kuiva-ainetta | 97   |
| Sinkki, Zn *   | mg / kg kuiva-ainetta | 23   |

Suomen Ympäristöpalvelu Oy on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima (FINAS-akkreditoitu) testauslaboratorio T231. Tähdellä merkityt testit sisältyvät akkreditoituun pätevyysalueeseen.

Tekninen vastuhenkilö

FM Ilkka Välimäki

## TUTKIMUSMENETELMÄT

| Mittaus suure  | Menetelmä                                         | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus                          |
|----------------|---------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|
| Alumiini, Al   | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 200 mg/kg      | ±30%(200-), ±25%(1000-) ±20%(20000-40000)  |
| Arseeni, As    | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg        | ±30%(3-10), ±20 % (10-200)                 |
| Boori, B       | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg        | ±50%(4-20)                                 |
| Barium, Ba     | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg        | ±30%(2-10), ±20 % (10-200), ±15%(200-4000) |
| Beryllium, Be  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 0,5 mg/kg      | ±40%(0,5-2), ±20%(2-10)                    |
| Kalsium, Ca    | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 50 mg/kg       | ±30%(<4000), ±18%(4000-10000), ±13(>10000) |
| Kadmium, Cd    | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 0,3 mg/kg      | ±35%(0,3-1), ±20%(1-10), ±10%(10-20)       |
| Koboltti, Co   | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg        | ±35%(1-3), ±20%(3-10), ±15%(10-1000)       |
| Kromi, Cr      | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg        | ±40%(2-5), ±30%(5-20), ±22%(20-2000)       |
| Kupari, Cu     | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg       | ±25%(10-50), ±15%(50-2000)                 |
| Rauta, Fe      | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 30 mg/kg       | ±50%(30-100), ±25%(100-40000)              |
| Kalium, K      | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 100 mg/kg      | ±40%(100-200), ±30%(20-40000)              |
| Magnesium, Mg  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 20 mg/kg       | ±30%(20-100), ±20%(100-20000)              |
| Mangaani, Mn   | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 6 mg/kg        | ±30%(6-100), ±25%(100-500), ±15%(>500)     |
| Molybdeeni, Mo | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg        | ±65%(1-2), ±25%(2-20), ±20%(20-500)        |

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62404  
As.nro 21836

|              |                                                   |          |                                           |
|--------------|---------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|
| Natrium, Na  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 30 mg/kg | ±30%(30-200), ±25%(200-1000), ±20%(>1000) |
| Nikkeli, Ni  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg  | ±45%(1-5), ±25%(5-20), ±20%(20-1000)      |
| Fosfori, P   | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg | ±20%(100-3000), ±15%(3000-30000)          |
| Lyijy, Pb    | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg  | ±40%(3-10), ±20%(10-400), ±15%(400-4000)  |
| Rikki, S     | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 10 mg/kg | ±25%(50-500), ±20%(500-2000), ±15%(>2000) |
| Antimoni, Sb | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg  | ±45%(4-6), ±25%(6-50), ±15%(50-200)       |
| Seleeni, Se  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 4 mg/kg  | ±60%(4-5), ±30%(5-30)                     |
| Tina, Sn     | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 2 mg/kg  | ±45%(2-10), ±20%(10-100)                  |
| Titaani, Ti  | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 5 mg/kg  | ±40%(50-2000)                             |
| Vanadiini, V | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 1 mg/kg  | ±50%(1-5), ±25 % (5-40), ±20% (40-300)    |
| Sinkki, Zn   | SYP6.05: HNO <sub>3</sub> /HCl - liuotus, ICP-OES | 3 mg/kg  | ±30%(3-30), ±20%(30-200), ±15%(200-4000)  |

Huom ! Mittausepävarm. = Laajennettu mittausepävarmuus (U=2u). Epävarmuusarvioissa pitoisuusalueet ovat suikeissa määrittäjärajasarakkeessa ilmoitetussa pitoisuusyksikössä. Tarkemmat menetelmäkuvaukset saa pyydettäessä laboratoriolta.

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pvm 17.02.2009  
Työ nro 62441  
As.nro 21836

Pöyry Environment Oy

KOPIO 17.02.2009

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu

**TESTAUSSELOSTE**

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Näyte           | Maanäyte, 1 kpl               |
| Tilatunnus      |                               |
| Näytteen ottaja | Lähdetniemi Harri             |
| Näyte saapui    | 05.02.2009                    |
| Tutk. aloitettu | 11.02.2009                    |
| Tutkimusperuste | Mustavaaran kaivosshanke, YVA |

|                     |                        |                                |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|
| Näyte 001           | Näyte otettu 4.02.2009 | Lohko PP16 (L4) Rikastushiekka |
| Maalaji HHk         | Multavuus vm           | Johtoluku (10*mS/cm) 0,9       |
| Happamuus (pH)      | 8,4                    |                                |
| Kalsium (Ca) mg/l   | 885                    |                                |
| Fosfori (P) mg/l    | 0,8                    |                                |
| Kalium (K) mg/l     | 42                     |                                |
| Magnesium (Mg) mg/l | 28                     |                                |
| Ca / Mg             | 31,61                  |                                |

Kalkitusta ei suositella

**Merkkien selitys**

● Huono   
 ◐ Huononlainen   
 ○ Välttävä   
 □ Tyydyttävä   
 ▒ Hyvä   
 ■ Korkea   
 ⊕ Arveluttavan korkea

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille. Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen Ympäristöpalvelu Oy:ltä

Pöyry Environment Oy

KOPIO 17.02.2009

PL 20 (Tutkijantie 2)  
90571 Oulu

## TESTAUSSELOSTE

Näytteiden lkm. : 1  
Merkki : 9M707012.BOR01  
Näytteen ottaja : Lähdetniemi Harri  
Näyte otettu : 09.10.2008  
Näyte saapui : 05.02.2009  
Tutk. aloitettu : 05.02.2009  
Tutkimusperuste : Mustavaaran kaivoshanke, YVA

Näytteen tunnus 001.PP16(L4)0-0,5m  
Näytetyyppi Maa

Analyyssityyppi  
Lisätiedot

Kuiva-aine Typpi2 (k)  
Rikastushiekka

| Mittaus suure                       | Yksikkö               | Analyyssitulos |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|
| Kuiva-ainepitoisuus                 | %                     | 83,5           |
| Ammoniumtyppi (NH <sub>4</sub> -N)  | mg / kg kuiva-ainetta | <1             |
| Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N) | mg / kg kuiva-ainetta | <1             |
| Liukoinen typpi (Liuk. N)           | mg / kg kuiva-ainetta | <2             |

Tekninen vastuuhenkilö

FM Ilkka Välimäki

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa  
tapauksessa kopiointista on pyydettävä kirjallinen lupa Suomen  
Ympäristöpalvelu Oy:ltä